

POTENCIAL DE LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE EM
CONSÓRCIO COM MANGUEIRA E GRAVIOLEIRA SOB MANEJO
ORGÂNICO

GLEICIA MIRANDA PAULINO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - DARCY
RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

JULHO DE 2008

POTENCIAL DE LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE EM
CONSÓRCIO COM MANGUEIRA E GRAVIOLEIRA SOB MANEJO
ORGÂNICO

GLEICIA MIRANDA PAULINO

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”

Orientadora: Deborah Guerra Barroso

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

JULHO DE 2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCTA / UENF 007/2009

Paulino, Gleícia Miranda

Potencial de leguminosas para adubação verde em consórcio com mangueira e gravioleira sob manejo orgânico / Gleícia Miranda Paulino. – 2008.

125 f. : il.

Orientador: Deborah Guerra Barroso

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2008.

Bibliografia: f. 114 – 125.

1. Leguminosas 2. Fixação biológica de N₂ 3. Transferência de N fixado 4. Cultivo em aléias 5. Adubação verde I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD – 631.874

POTENCIAL DE LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE EM
CONSÓRCIO COM MANGUEIRA E GRAVIOLEIRA SOB MANEJO
ORGÂNICO

GLEICIA MIRANDA PAULINO

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”

Aprovada em: 29 de julho de 2008

Comissão examinadora:

Dr. Bruno José Rodrigues Alves (Ph.D - Solos) – EMBRAPA AGROBIOLOGIA

Prof. Gilmar Santos Costa (D.Sc – Produção Vegetal) – CEFET CAMPOS

Prof. José Geraldo de Araújo Carneiro (Ph.D - Silvicultura) – UENF

Prof^a Deborah Guerra Barroso (D.Sc, Produção Vegetal) - UENF

Orientadora

*Aos meus pais, José Sebastião (“in memoriam”) e Ana,
A minha vó Cecília (“in memoriam”),
Aos meus irmãos, Gláucia e Fernando,
Ao meu sobrinho, Matheus,
Aos meus tios e amigos queridos,
Dedico este trabalho em reconhecimento a tudo que representam
para mim.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por todas as oportunidades de ensinar-me algo.

A minha família, pelo amor, apoio e incentivo de sempre.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense e à FAPERJ, pela oportunidade concedida para a realização do curso e apoio financeiro.

À prof^a Deborah Guerra Barroso pela confiança, oportunidade e orientação para a realização deste trabalho e contribuição à minha formação profissional. Também, pela grande amizade e apoio em todos os momentos.

Aos pesquisadores da Embrapa Agrobiologia, Bruno Alves, José Antônio Espíndola e Segundo Urquiaga, pela contribuição nas análises e orientações.

Aos professores Gilmar Santos Costa, José Geraldo de A. Carneiro e Andréa Vitta, por toda colaboração para a realização deste trabalho e amizade.

Ao Sr. José Alvino e funcionários da Respa Indústria e Comércio, pelo apoio logístico, amizade e ensinamentos.

Ao Guilherme, Renato, Luis Cláudio e Cilene, por todo apoio e amizade.

Ao prof. Monnerat, Sr. Acácio e Cláudio Lombardi, pela contribuição nas análises de laboratório.

Aos amigos e colegas do LFIT e da UENF Armando, Marcelo, Ernando, Teresa, Kelly, Patrícia, Marcela, Mirian, os Tiagos (Lírio, Conceição, Ribeiro), Dani, Tátilla, Isa, Daniel, Rulf. Aos professores e funcionários da UENF que, de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos os meus queridos e verdadeiros amigos, que me proporcionaram e proporcionam tantos momentos agradáveis.

Meu sincero muito brigada.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. A cultura da mangueira	04
2.2. A cultura da gravioleira	05
2.3. leguminosas: gliricídia, crotalária e feijão guandu	07
2.4. Adubação verde em pomares	09
2.5. Sistema de cultivo em aléias.....	13
2.6. Fixação biológica de nitrogênio por leguminosas (FBN)	15
2.6.1. Quantificação da fixação biológica de nitrogênio	17
2.6.2. Método da abundância natural de ¹⁵ N.....	18
2.7. Matéria orgânica do solo	21
CAPÍTULOS.....	25
FIXAÇÃO BIOLÓGICA E TRANSFERÊNCIA DE NITROGÊNIO POR TRÊS LEGUMINOSAS EM POMAR ORGÂNICO DE MANGUEIRA E GRAVIOLEIRA.....	25
RESUMO	25
ABSTRACT	26

1. INTRODUÇÃO	27
2. MATERIAL E MÉTODOS	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4. CONCLUSÕES	49
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
GLIRICÍDIA NO SISTEMA DE ALÉIAS EM POMAR ORGÂNICO DE MANGUEIRA E GRAVIOLEIRA.....	53
RESUMO	53
ABSTRACT	54
1. INTRODUÇÃO	55
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	57
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
4. CONCLUSÕES	80
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
EFEITOS DE ALÉIAS DE GLIRICÍDIA EM POMAR DE MANGUEIRA E GRAVIOLEIRA SOBRE O CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DAS FRUTÍFERAS E NO SOLO.....	85
RESUMO	85
ABSTRACT	86
1. INTRODUÇÃO	87
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	89
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	93
4. CONCLUSÕES	107
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
4. RESUMO E CONCLUSÕES.....	111
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114

RESUMO

PAULINO, GLEICIA MIRANDA, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro. Julho de 2008. POTENCIAL DE LEGUMINOSAS PARA ADUBAÇÃO VERDE EM CONSÓRCIO COM MANGUEIRA E GRAVIOLEIRA SOB MANEJO ORGÂNICO. Orientadora: Prof^a. Deborah Guerra Barroso. Co-orientadores: Gilmar Santos Costa e José Geraldo de Araújo Carneiro.

Foram estabelecidas três leguminosas em um pomar orgânico de mangueira e gravioleira em fase de formação, com finalidade de adubação verde, no município de Campos dos Goytacazes-RJ, a gliricídia (*Gliricidia sepium*), de porte arbóreo; a crotalária (*Crotalaria juncea*) e o feijão guandu (*Cajanus cajan*), de porte subarbustivo. O trabalho teve como objetivos: estimar o potencial de fixação biológica de N₂ atmosférico (FBN) das três leguminosas e a transferência de N fixado para as frutíferas, através do método da abundância natural de ¹⁵N; avaliar o desempenho da gliricídia em aléias, quanto à sobrevivência, à produção de biomassa seca e fornecimento de nutrientes ao sistema, e à dinâmica de decomposição dos resíduos de poda (método *litterbags*); e avaliar a influência das gliricídias em aléias no crescimento e nutrição das frutíferas e em algumas propriedades físicas e químicas do solo. O maior potencial de FBN estimado foi para a gliricídia (80%), seguida pela crotalária (64,5%). Isto, aliado à produção de biomassa, permite concluir que o uso dessas duas leguminosas para adubação

verde pode contribuir para o fornecimento de N no sistema e, conseqüentemente, para o manejo orgânico do pomar. A crotalária adicionou ao solo, em dois cortes, cerca de 149,5 kg ha⁻¹ de N, sendo que 96,5 kg ha⁻¹ foram derivados da FBN. A gliricídia, em dois anos consecutivos, adicionou cerca de 56,5 e 80 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, sendo 45 e 64 kg ha⁻¹ ano⁻¹ derivados da FBN, obtidos com manejo de três podas anuais. Estas quantidades são superiores às adubações recomendadas pelas frutíferas. As variações na abundância natural de ¹⁵N detectadas nas folhas somente da gravioleira, indicaram que a adubação verde com crotalária e gliricídia contribuíram para o fornecimento de N a essa frutífera, transferindo, em diferentes quantidades, parte do N fixado, cerca de 22,5 e 40%, respectivamente. A gliricídia em aléias apresentou boa produção de biomassa seca e fornecimento de nutrientes ao solo, com potencial de uso contínuo no sistema. Foi observada maior produção de biomassa seca e de nutrientes no segundo ano de manejo de podas da gliricídia, em relação ao primeiro. A quantidade de N adicionada ao pomar, em três podas anuais das aléias, foi maior que a recomendada nas adubações para ambas as frutíferas e a quantidade de P e K foi menor. Ao relacionar as épocas de podas da gliricídia, a rapidez na decomposição dos seus resíduos e liberação de nutrientes com as épocas recomendadas para adubação das frutíferas, pode-se concluir que a adubação verde contribui de forma mais significativa para a gravioleira. As propriedades físicas do solo permaneceram inalteradas, em dois anos de manejo da gliricídia no pomar. Foi possível verificar uma tendência de elevação ou manutenção do conteúdo de carbono orgânico no solo sob sistema com gliricídia, em relação ao solo da área de referência. Os valores de P, nas profundidades 5-10 e 10-20 cm, e de K e Mg, na profundidade 0-5 cm do solo, tiveram incremento mais acentuado no sistema com gliricídia, em relação ao solo referência. Os teores foliares de nutrientes foram influenciados pelo crescimento das frutíferas e/ou deficiência hídrica do solo, observado pelos teores médios de N detectados aos 18 e 27 meses nas plantas de mangueira nos dois sistemas e deficiência de N e de K nas gravioleiras, aos 18 e 27 meses, também nos dois sistemas. Foram observados ainda baixos teores de Ca nas plantas de mangueira, aos 18 meses após o início do manejo de adubação verde com gliricídia, em função do efeito de diluição causado pelo crescimento mais acentuado desta espécie no sistema consorciado. A mesma explicação pode ser

dada para os menores teores de K, Mg e S nas mangueiras no sistema com gliricídia, do que as da área de referência.

ABSTRACT

PAULINO, GLEICIA MIRANDA, PhD., Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro, Brazil, July 2008. Potential of legumes for green manuring in associated planting with mango and soursop trees under organic management. Advisor: Deborah Guerra Barroso. Counselors: Gilmar Santos Costa and José Geraldo de Araújo Carneiro.

Three legume species were established in an organic orchard of mango and soursop trees in formation stage, with the purpose of green manuring, in Campos dos Goytacazes-RJ-Brazil, gliricidia (*Gliricidia sepium*), of arboreal growth habit; sunnhemp (*Crotalaria juncea*) and pigeon pea (*Cajanus cajan*), both of small shrub habit. The work aimed: 1- to evaluate the potential for biological nitrogen fixation (BNF) of the three legumes and the transference of fixed N for the fruit trees, through the ^{15}N natural abundance method; 2- to evaluate the performance of gliricidia in alley cropping, with relation to the survival, the production of dry biomass and the supply of nutrients to the system and to the dynamics of decomposition of pruning residues (*litterbags* method) and 3- to evaluate the influence of gliricidia in alley cropping over growth and nutrition of the fruit trees and some physical and chemical proprieties of the soil. The highest potential of BNF was found in gliricidia (80%), followed by sunnhemp (64,5%). This potential, allied to the biomass production, allows the use of those two legumes for green manuring to contribute the supplement of N to the system and the organic management of the orchard. Sunnhemp added about $149,5 \text{ kg ha}^{-1}$ of N to the soil after two cuts, being $96,5 \text{ kg ha}^{-1}$ derived from BNF. Gliricidia added about $56,5$ and $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ of N in two consecutive years, with 45 and $64 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ derived from BNF, obtained with three annual pruning. These amounts of N are higher than the recommended ones for mango and soursop trees. The variations

in ^{15}N natural abundance were only detected in leaves of soursop trees, showing that green manure with sunnhemp and gliricidia contributed to the supplying of N of that fruit tree by transferring, in different amounts part of the fixed N, about 22,5 and 40%, respectively. Gliricidia, planted in alley cropping, showed good production of dry biomass and nutrients supply to the soil, with potential for continuous use in the system. Higher production of dry biomass and nutrients was observed in the second year of pruning management of gliricidia, if compared with the first one. The amount of N added to the orchard, in three annual prunings, was higher than the recommended for the fertilization of both fruit trees and the amount of P and K was lower. When linking the period of pruning of gliricidia, the decomposition rate of its residues and the liberation of nutrients with the periods recommended for the fruit tree manuring, it is possible to assume that green manuring contributed specially to the soursop tree. Physical properties of the soil remained unaffected, throughout two years of gliricidia mangement. It was possible to verify an increase or maintenance tendency in the content of organic carbon in the soil under system with gliricidia, if compared with the reference area. A more accentuated increment of P was observed at 5-10 and 10-20 cm soil depth and of K and Mg at 0-5 cm depth in the system with gliricidia compared with the reference area. Nutrients content on leaves were influenced by the growth of the fruit trees and / or water deficit of the soil, detected by the medium N content in mango plants and by N and K deficiency in the soursop plants, both in the two systems studied, at 18 and 27 months Low Ca content was observed in the mango plants, 18 months after the beginning of the green manuring management with gliricidia, resulting from the dilution effect caused by the accentuated growth of this species in the associated cropping system. The same explanation can be assumed for the lower K, Mg and S contents in the mango plants in the system with gliricidia if compared with the reference area.

1. INTRODUÇÃO

Na região Norte Fluminense, a atividade agrícola, normalmente, está associada a impactos negativos, nos quais os solos foram, ou são intensivamente explorados pela monocultura da cana-de-açúcar ou por pastagens, e sob práticas de manejo inadequadas ao longo do tempo.

Apesar da região de Campos dos Goytacazes ter apresentado uma redução de quase 50% da área sob o monocultivo da cana-de-açúcar com a crise da indústria sucroalcooleira a partir dos anos 90, houve conseqüente expansão da pecuária extensiva, redução na oferta de trabalho e urbanização. Contudo, pode-se observar ainda hoje o predomínio daquela cultura na região. Em 2004, o município possuía 98% de área cultivada com cana-de-açúcar do total de área ocupada com culturas temporárias, e nos 2% de área restante, somente as culturas da mandioca, milho, abacaxi e feijão tinham algum destaque. Em termos de área ocupada com fruticultura em 2004, são citadas as seguintes culturas permanentes: banana (330 ha), coco da baía (330 ha), maracujá (110 ha), laranja (99 ha), manga (39 ha) e goiaba (25 ha) (Anuário, 2005).

De acordo Ferreira et al. (2003), a região Norte Fluminense apresenta algumas características propícias que têm estimulado o desenvolvimento da fruticultura como: solo, possibilidade de irrigação, proximidade de grandes centros consumidores. O desenvolvimento deste setor é importante para a região, pois pode aumentar a rentabilidade dos produtores e ocupar, de forma racional, áreas

agrícolas, a mão-de-obra familiar, gerar emprego, além de reduzir a monocultura da cana-de-açúcar com a introdução de novas culturas.

No Norte Fluminense, a maioria das propriedades rurais adota sistemas de produção com baixos índices de tecnologia, onde geralmente, os agricultores não possuem condições de adubar adequadamente suas culturas agrícolas. Além disso, nos últimos anos, tem-se focalizado o estabelecimento de uma agricultura sustentável, fundamentada na manutenção da produtividade, na redução dos custos de produção e na preservação ambiental.

Dentro deste contexto, é de fundamental importância que o estímulo ao desenvolvimento da fruticultura na região seja aliado à adoção de estratégias de manejo de bases conservacionistas, privilegiando a otimização dos processos biológicos e o uso eficiente dos recursos disponíveis na propriedade, e que seja de fácil acessibilidade aos agricultores.

Uma das estratégias de manejo alternativo, propostas para a viabilização desse setor agrícola, é o uso da adubação verde com leguminosas, consorciadas com as culturas de interesse econômico. A adubação verde em pomares é uma prática de manejo conservacionista, que pode melhorar e ou manter a fertilidade do solo, pode contribuir para a infiltração e conservação de água do solo, para o controle de pragas, doenças e de vegetação espontânea. Tudo isso em função do incremento da matéria orgânica, da cobertura do solo e da maior diversidade do sistema.

Outro aspecto importante da adubação verde é a redução do uso de fertilizantes e agrotóxicos, refletindo na redução do custo de produção e na sustentabilidade do agrossistema. Além disso, pode ser uma prática viável para substituir o uso de outros insumos como esterco e compostos orgânicos, que além de serem caros, geralmente são exigidos em grandes quantidades, onerando ainda mais os custos com o transporte e mão-de-obra. Trata-se de uma alternativa ao alcance dos agricultores para aumentar e/ou manter a produção de pomares na região Norte Fluminense.

Espera-se que, com a incorporação periódica de quantidades expressivas de biomassa das leguminosas no sistema, sejam obtidas melhorias nas características químicas, físicas e biológicas do solo, com o conseqüente favorecimento do potencial produtivo do pomar, como vem sendo observado em alguns trabalhos com gliricídia cultivada em aléias (*Gliricidia sepium*) nos solos de

tabuleiros costeiros na região nordeste do Brasil (Barreto e Fernandes 2001; Barreto et al., 2004), na África (Sanginga, 2003) e em sistemas consorciados com *Crotalaria juncea* (Carvalho et al., 2004; Ricci et al., 2005) e feijão guandu (Ragoso et al., 2006) em várias regiões do Brasil.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar, dentro de um pomar orgânico de mangueira e gravioleira em fase de formação, o potencial de uso de algumas leguminosas como adubo verde, no município de Campos dos Goytacazes - RJ.

Os objetivos específicos:

- Quantificar a fixação biológica de N atmosférico (FBN) de uma leguminosa arbórea *Gliricidia sepium* (Jacq) Pers. (gliricídia) e de duas anuais subarborescentes, *Crotalaria juncea* L. (crotalária) e *Cajanus cajan* (L.) Millsp (feijão guandu anão), em pomar orgânico de mangueira e gravioleira;
- Avaliar a transferência de N proveniente da FBN pela gliricídia, crotalária e feijão guandu anão para a mangueira e a gravioleira;
- Avaliar o desempenho da gliricídia no sistema de aléias em pomar orgânico de mangueira e gravioleira, quanto à produção de resíduos vegetais proveniente do regime de podas e ao fornecimento de nutrientes;
- Avaliar a decomposição de resíduos de poda da gliricídia no sistema de aléias, em pomar orgânico de mangueira e gravioleira;
- Avaliar influência da gliricídia no sistema de aléias, no crescimento e nutrição da mangueira e da gravioleira no pomar orgânico e em algumas propriedades físicas e químicas do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura da mangueira

A mangueira (*Mangifera indica* L.) pertence à família *Anacardiaceae* e é a única espécie desta família cultivada comercialmente em grande escala. Sua polpa é consumida ao natural ou processada em sorvetes, sucos concentrados, geléias, gelatina, compotas, doces, polpas congeladas e purês. O fruto verde presta-se à confecção de molhos, temperos e a árvore pode ser usada como ornamental (Silva, 1996).

Em função das condições edafoclimáticas, o Brasil é o maior produtor de manga da América do Sul, sendo o Nordeste e o Sudeste as regiões com as maiores extensões de áreas cultivadas (Silva e Correia, 2004). A produção de manga no Brasil, no ano de 2005, situava-se em torno de 1.002.211 toneladas, ocupando uma área de 68.141 ha. O volume médio comercializado no CEAGESP – SP nos últimos cinco anos foi de 95.321 t ano⁻¹ (Agrianual, 2008).

Nos últimos anos, a produção de manga no Brasil tem apresentado significativos crescimentos, destacando-se como uma boa opção de cultivo, principalmente em áreas irrigadas (Coelho et al., 2007). Este crescimento deve-se, principalmente, à possibilidade de maior produção por área, em relação aos cultivos convencionais, à expansão dos mercados internos e externos e à possibilidade de cultivo em regiões secas pelo uso da irrigação. Também as condições naturais do Brasil, aliadas à possibilidade de produção durante a maior

parte do ano, em cultivos sob manejo de irrigação, indução floral e uso de variedades melhoradas, têm aumentado a perspectiva de exportação do fruto (Silva e correia, 2004).

No entanto, para que a manga alcance novos mercados, principalmente externos, é necessária a produção de frutos de alta qualidade, livres de pragas, doenças e distúrbios fisiológicos. Para atender a essas exigências do mercado mundial, os frutos devem ser de boa aparência e qualidade, com baixa utilização de defensivos químicos (Cunha et al., 2000). Então, práticas de manejo que integram a nutrição, prevenção e controle de pragas e doenças, controle da vegetação espontânea, aliada ao conhecimento do desenvolvimento da mangueira na pré-colheita e colheita são fundamentais para obter frutos com qualidade, e lucratividade com a cultura.

Corrêa et al. (2006) relataram o cultivo da mangueira em sistema agroflorestal multiestratificado em Rondônia, incluído dentre as demais frutíferas fruta-pão, cupuaçu, cacau sombreado com gliricídia, abacate e as espécies florestais bandarria e teca. Os autores observaram que a gliricídia apresentou uma produção de serapilheira de 3,43 t ha⁻¹ e de rápida decomposição, sendo uma boa opção para sombreamento e fornecimento de nutrientes ao sistema.

No Nordeste, Gomes et al. (2005) relataram o uso das gramíneas milho e sorgo-sudão e da leguminosa *Crotalaria juncea* consorciadas com mangueira irrigada para fins de adubação verde. Tendo mencionado a falta de sincronia entre a liberação de alguns nutrientes como N e K dos adubos verdes com a demanda desta cultura.

2.2. A cultura da gravioleira

A gravioleira (*Annona muricata* L.) pertence à família *Annonaceae*, é originária da América Central e Vales Peruanos. A Venezuela é o principal produtor da América do Sul. Seu cultivo no Brasil é bastante recente. Com a evolução do mercado muitas áreas comerciais têm surgido em diversos Estados brasileiros, destacando-se a Bahia, Ceará, Pernambuco, Alagoas e Minas Gerais (São José, 2003).

Segundo Kitamura (2002), tem havido uma crescente demanda pelo fruto e, especialmente, pela polpa da graviola, tanto nas regiões produtoras para o

abastecimento das agroindústrias processadoras de frutas, quanto em grandes centros consumidores das regiões sudeste e centro-oeste, além de boas perspectivas de exportação para o mercado europeu. Tudo isso tem contribuído para aumentar as áreas de plantio em várias regiões do país.

Seu fruto era destinado quase totalmente à agroindústria visando obtenção de polpa, suco, néctar, etc. Atualmente uma importante quantidade da produção é comercializada *in natura*, especialmente nos mercados de São Paulo, Rio de Janeiro, Recife, Salvador, Fortaleza, Brasília, dentre outros centros consumidores (São José, 2003).

Existem poucas informações a respeito de área plantada e produção da gravioleira no mundo, e particularmente no Brasil (Pinto et al., 2001). Segundo São José (2003), a sua produtividade no Brasil e a qualidade dos frutos são bastante variáveis em função do nível tecnológico adotado pelos produtores, podendo atingir de 3 a 20 t ha⁻¹ de fruta fresca, de acordo com a variedade e os tratamentos culturais.

Segundo Broglio-Micheletti e Berti-Filho (2000), apesar das condições ecológicas favoráveis ao seu cultivo, os problemas fitossanitários, especialmente as pragas, vêm desestimulando o estabelecimento de plantios comerciais da gravioleira no Brasil. A broca-do-fruto (*Cerconota anonella* Sepp.) é uma das pragas mais sérias da cultura, pelos danos expressivos que causa, tanto no Brasil como em outras regiões do mundo. Alguns estudos têm mostrado a ocorrência de inimigos naturais desta praga, fato importante para o manejo de controle de pragas na cultura (Broglio-Micheletti e Berti-Filho, 2000). Assim, o cultivo consorciado da gravioleira com outras espécies vegetais poderá estimular a presença desses inimigos naturais que poderão contribuir para o controle da broca e de outras pragas.

O fruto da graviola destaca-se pelo seu alto valor comercial tanto para os frutos *in natura*, quanto processados na indústria. A baixa oferta deste fruto no mercado consumidor pode ser responsável por uma boa remuneração para produtores de graviola. Contudo, o sucesso com o cultivo da gravioleira vai depender do alinhamento entre o conhecimento do produtor sobre as exigências e os cuidados necessários com a cultura.

De acordo com São José (2003), o cultivo da gravioleira consorciado com outras culturas é interessante, especialmente para pequenos produtores, uma vez

que se pode aproveitar o espaço entre plantas e fileiras da graviolreira, podendo proporcionar redução nos custos de implantação e de formação da cultura. Este mesmo autor cita cultivos intercalares de ciclo médio para curto, até o segundo ano da cultura, como: maracujá, mamão, abacaxi, feijão, arroz, milho e hortaliças.

2.3. Leguminosas: gliricídia, crotalária e feijão guandu

A gliricídia (*Gliricidia sepium*) é uma leguminosa arbórea originária da América do Sul e Central, considerada de múltiplos usos e com boa adaptação a diferentes zonas ecológicas (Baggio, 1984). Além disso, a espécie tem a vantagem de apresentar um sistema radicular que favorece a exploração de camadas mais profundas do solo, proporcionando maior potencial de absorção de água e reciclagem de nutrientes minerais perdidos por lixiviação (Franco, 1988; Carvalho Filho et al., 1997). Pode ser usada como forragem de alto valor nutritivo, sobretudo protéico, adubação verde, cerca viva, lenha e madeira (Baggio, 1984; Carvalho Filho et al., 1997). Apresenta grande potencial para sistemas agroflorestais (SAFs), como os cultivos em aléias (Kang, 1997; Barreto et al, 2004; Queiroz, 2006)

Segundo Kiill e Drumond (2001), a gliricídia destaca-se por apresentar rápido crescimento, alta capacidade de regeneração, resistência à seca e facilidade em se propagar sexuada e assexuadamente, apresentando também, excelente capacidade de rebrota, mesmo quando severamente podada.

No Agreste Paraibano, Pérez e Menezes (2004) relataram que o cultivo em aléias de gliricídia vem sendo utilizado para aumentar a produtividade em longo prazo de sistemas agrícolas familiares.

Vários estudos com gliricídia em aléias foram realizados, podendo ser citados: Henriksen et al. (2002), avaliando o cultivo em aléias de gliricídia, consorciada com milho e feijão, verificaram que esta leguminosa pode fornecer biomassa e nutrientes ao sistema por longo tempo; Nóbrega et al. (2004a), ao avaliarem a dinâmica de decomposição de resíduos de poda de aléias de gliricídia em uma horta orgânica, verificaram que esta espécie como adubo verde pode disponibilizar rapidamente nutrientes para a cultura de interesse; Queiroz (2006), avaliando o sistema em aléias de gliricídia como fonte de N para a cultura do milho, constatou que este consórcio é favorável para elevar o rendimento de

grãos do milho; por outro lado, Barreto e Fernandes (2001), que avaliaram o consórcio com a cultura da mandioca, verificaram interferência negativa na produção dessa cultura.

A crotalária (*Crotalaria juncea*) é uma leguminosa originária da Índia e Ásia tropical, com ampla adaptação às regiões tropicais. As plantas são subarborescentes, de crescimento ereto. Recomendada para adubação verde, em cultivo isolado ou consorciado. É uma das espécies leguminosas de mais rápido crescimento inicial, atingindo 2,0 a 3,0 m de altura, e o ciclo completo da cultura é em torno de 210 a 240 dias (Calegari et al., 1993).

Seu uso como adubo verde é amplamente indicado, face o seu rápido crescimento, supressão de vegetação espontânea e ao grande potencial de produção de biomassa e FBN, com boa adaptação em diferentes regiões (Calegari et al., 1993; Pereira et al., 2005). Contudo, a crotalária é sensível ao fotoperíodo (Amabile et al., 2000), tornando necessária a adequação de seu uso mediante estratégias agronômicas, como a variação das épocas de semeadura (Pereira et al., 2005).

Vários estudos sobre o uso da *Crotalaria juncea* em sistemas consorciados foram realizados, citando-se como exemplos: Carvalho et al. (2004), que constataram melhorias nas propriedades físicas do solo e aumento de produtividade do pomar de mamão; com a cultura do café, Ricci et al. (2005) verificaram que a leguminosa pode fornecer grande quantidade de biomassa e nutrientes ao sistema, beneficiando a cultura; Resende et al. (2000) verificaram que a adubação verde com crotalária pode suprir a demanda de N pela cana-de-açúcar.

O feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) é também uma leguminosa originária da Índia e utilizada como fonte de proteína em muitos países da África e Ásia, além de apresentar outras finalidades de uso (Godoy et al., 1997). Apresenta tolerância a condições ambientais adversas, como déficit hídrico e solos com reduzida fertilidade (Santos et al., 1994).

A introdução do guandu no Brasil ocorreu, principalmente, em função de sua resistência à seca e de crescer em solos pobres. É adaptada à ampla faixa de precipitação, apresentando ciclo anual ou perene. Desenvolve-se melhor em temperaturas elevadas, proporcionando bons resultados como fornecedora de massa verde nos pastos em períodos de chuvas escassas. Além de ser uma

planta muito versátil, adaptada às condições climáticas do país, pode ser utilizada na rotação de culturas (Seiffert e Thiago, 1983).

Na região de Viçosa-MG, Alvarenga et al. (1995) avaliaram o uso do feijão guandu para adubação verde visando à conservação e recuperação de solos degradados. Verificaram que a espécie se destacou na produção de biomassa seca (17,9 t ha⁻¹) e na imobilização de maiores quantidades de N, P e K.

Também, é importante considerar que a maioria dos acessos de feijão guandu mostra-se sensível ao fotoperíodo e tem resposta positiva ao florescimento em dias curtos. Tais influências foram observadas por Ribeiro (2008), ao avaliar a produção de matéria seca do feijão guandu consorciado com frutíferas, em pomar na região norte fluminense, tendo obtido apenas 0,570 t ha⁻¹, considerando 100% de área coberta com a leguminosa. Também, Amabile et al. (2000) verificaram que esta leguminosa teve sua produção de biomassa extremamente afetada quando a semeadura foi realizada em dias curtos.

O guandu consiste em uma importante leguminosa, apresentando multiplicidade de uso, podendo ser usada como fonte de alimento humano de boa qualidade protéica, forragem e adubação verde.

O grande potencial de adaptação a diferentes regiões, a elevada produção de biomassa, o acúmulo de nutrientes, a capacidade de FBN e a resistência à seca, foram alguns dos fatores que influenciaram na escolha dessas três leguminosas para uso em pomar na região norte fluminense.

2.4. Adubação verde em pomares

Ao longo das últimas décadas, alguns grupos de pesquisa têm buscado alternativas de manejo que permitam uma agricultura sustentável através da otimização de processos biológicos. As estratégias de manejo capazes de aumentar a atividade da fauna do solo, permitindo maior eficiência na ciclagem de nutrientes, têm sido cada vez mais valorizadas (Espindola et al., 2004). Estas estratégias, consideradas conservacionistas, permitem que recursos naturais renováveis sejam utilizados de forma racional, contínua e mais barata, contribuindo para a manutenção de um sistema produtivo em equilíbrio com o meio ambiente.

Nesse sentido, a adubação verde tem se apresentado como uma das práticas mais promissoras e viáveis na agricultura. Resultados de pesquisa e de agricultores comprovam sua eficiência na cobertura e proteção do solo, na melhoria da fertilidade do solo e do ambiente edáfico, na diminuição da infestação de nematóides e controle da vegetação espontânea.

De acordo com Espindola (2001), as leguminosas herbáceas perenes apresentam grande potencial para serem empregadas como cobertura viva do solo em consórcio com espécies frutíferas. Esse mesmo autor, citando De-Polli et al. (1996), aponta esta técnica como uma estratégia capaz de aumentar a sustentabilidade dos agroecossistemas, trazendo benefícios para as culturas de interesse econômico, para o solo e para o ambiente.

Calegari et al. (1993) conceituaram a adubação verde como o uso de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas, que serão incorporadas ao solo ou deixadas na sua superfície, com o objetivo de proteção superficial e manutenção ou melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. O uso de adubos verdes é uma estratégia que incrementa os níveis de matéria orgânica do solo (MOS), e conseqüentemente, afeta várias propriedades do solo.

Conforme Young (1991), Calegari et al. (1993), Bayer e Mielniczuk (1999) e Craswell e Lefroy (2001), dentre os efeitos da MO na fertilidade do solo podem-se citar:

1. Efeitos químicos: aumento na disponibilidade de nutrientes e suprimento de forma mais balanceada, evitando perdas por lixiviação, elevação da CTC, complexação de elementos tóxicos e micronutrientes;
2. Efeitos físicos: melhoria na agregação do solo, que indiretamente afeta a densidade, porosidade, aeração, capacidade de retenção e infiltração de água, penetração de raízes, refletindo na estabilidade estrutural do solo. Favorecimento da complexação e aumento na disponibilidade de micronutrientes;
3. Efeitos biológicos: enriquecimento da atividade da fauna do solo, criação de um ambiente favorável para a fixação de N_2 , micorrização, solubilização de P, etc.

A proteção do solo dada pelo adubo verde em áreas cultivadas com pomares evita processos erosivos e promove o controle da vegetação espontânea (Dalcolmo et al., 1999; Carvalho et al., 2004) e, ainda, pode ter influência no controle de pragas e doenças, devido à diversificação do sistema (Altieri, 2002).

Também, o manejo da adubação verde, principalmente com espécies perenes, pode reduzir o uso de maquinário pesado nas entrelinhas do pomar e com isto reduzir ou evitar possíveis efeitos de compactação do solo e danos às plantas (Carvalho et al., 2004), bem como, redução na aplicação de agroquímicos.

Muitas espécies podem ser utilizadas como adubos verdes, porém destaca-se o uso das leguminosas, devido à sua capacidade de fixar N_2 do ar, resultando no aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta, contribuindo com a nutrição das culturas de interesse (Calegari et al., 1993; Perin et al., 2003). Outras vantagens das leguminosas é que muitas delas apresentam rápido crescimento, boa cobertura do solo e uma elevada produção de biomassa, incorporando grande quantidade de MO com baixa relação C/N ao solo, o que favorece sua decomposição e mineralização por microrganismos e a ciclagem de nutrientes (Calegari et al., 1993).

Porém, existem poucos estudos sobre o comportamento agrônômico de leguminosas perenes para uso consorciado com frutíferas, assim como o manejo mais adequado no momento de estabelecer o consórcio, como densidade, época mais adequada de plantio e, também, dos efeitos dessas leguminosas sobre as frutíferas (Perin et al., 2002), principalmente, quando se trata do uso de leguminosas arbóreas para fins de adubação verde em pomares.

Na Bahia, em um Latossolo Amarelo álico e coeso, Carvalho et al. (2004) relataram que o uso de subsolagem no preparo do solo para o plantio da cultura do mamoeiro, associado ao manejo de leguminosas (feijão-de-porco, caupi, crotalária) nas entrelinhas da cultura, proporcionou melhorias das propriedades físicas do solo (macroporosidade, condutividade hidráulica) e no aumento de produtividade do pomar, após 2,5 anos.

Espindola (2001) estudou o efeito de amendoim forrageiro, calopogônio, cudzu tropical, estilosantes e siratro como coberturas vivas do solo consorciadas com bananeiras. Verificou que o calopogônio, o cudzu tropical e o siratro promoveram completa cobertura do solo antes do amendoim e do estilosantes. Cortes feitos ao longo de 38 meses após o plantio mostraram uma produção diferenciada de biomassa e acúmulo de N e K nos resíduos, destacando o amendoim forrageiro (seis cortes), o cudzu tropical e o siratro (sete cortes). Estes produziram, respectivamente, 36, 31 e 27 t ha⁻¹ de biomassa seca e forneceram 1.018, 884 e 773 kg de N ha⁻¹ e 242, 324 e 274 kg de K ha⁻¹.

O valor da cultura de cobertura em manter ou melhorar a fertilidade do solo em pomares depende parcialmente da produção de boa quantidade de biomassa (Altieri, 2002). Contudo, a produção de biomassa das espécies utilizadas como cobertura ou como adubo verde é decorrente das condições climáticas, edáficas e fitossanitárias (Amado et al., 2002) e, do seu sistema radicular que, quanto mais penetrar no solo, maior será a produção de biomassa, além de promover a descompactação do solo (Sodré Filho et al., 2004).

Em Seropédica-RJ, na Embrapa-Agrobiologia, Perin et al. (2002) verificaram redução no peso de cachos e de pencas de bananeiras, no segundo ciclo de produção, quando a cultura estava consorciada com amendoim forrageiro, ocorrendo o inverso quando o consórcio foi com cudzu tropical e siratro. Esses autores inferiram sobre as características morfológicas das leguminosas, relatando que, devido ao amendoim forrageiro apresentar alta produção de raízes, ele provoca redução expressiva nos níveis de água do solo.

Por outro lado, no sul do Estado do Espírito Santo, Dalcolmo et al. (1999) verificaram, em um pomar de citros, que a cobertura do solo com amendoim forrageiro destacou-se quanto à elevada taxa de cobertura inicial do solo, elevada produção de biomassa e maior quantidade de N imobilizado na mesma. Esta espécie foi a melhor opção de cobertura no pomar, seguida do kudzu tropical, que apresentou maior teor de N na biomassa seca e maior controle da vegetação espontânea. Estas espécies atenderam às funções de proteção do solo e controle da vegetação espontânea sem afetar a cultura e dificultar o manejo do pomar.

Ragoso et al. (2006) avaliaram, por dois anos, os possíveis incrementos na produção de um pomar de laranjeira 'pêra' e os efeitos na qualidade dos frutos, quando introduziu a adubação verde com feijão-de-porco, labe-labe, feijão guandu-anão e como testemunha, a braquiária. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis avaliadas. O feijão guandu foi o adubo verde que apresentou a maior produção de matéria seca. Para os autores esta opção de manejo pode ser interessante para os citricultores quando utilizada por vários anos, pois possivelmente irá incrementar a produtividade do pomar, além de trazer outros benefícios como proteção do solo, controle da vegetação espontânea, descompactação do solo e aumento na disponibilidade de N derivado das leguminosas.

A escolha correta da densidade de plantas é importante (Perin et al., 2003). Perin et al. (2003) observaram que o amendoim forrageiro nas densidades de 8 e 16 plantas/m linear proporcionaram 50% de cobertura de terreno, respectivamente, aos 84 e 68 dias após o plantio (DAP), enquanto nas densidades de 2 e 4 plantas/m linear foram necessários 125 e 103 DAP, respectivamente, para cobrir 50% da área. A cobertura mais rápida proporcionou redução da população da vegetação espontânea e diminuição da mão-de-obra para seu controle.

Espindola et al. (2006a) observaram que o uso de cobertura viva com as leguminosas perenes amendoim forrageiro, cudzu tropical e siratro, em um pomar de bananeiras cultivar nanicão, proporcionou aumento da altura das bananeiras, bem como aumento da produtividade, a proporção de cachos colhidos e antecipou a colheita, em especial as coberturas com cudzu tropical e siratro, quando comparadas à da vegetação espontânea de capim-colonião. Os maiores teores de N nas folhas de bananeiras foram observados no consórcio com as leguminosas.

2.5. Sistema de cultivo em aléias

O cultivo em aléias é um tipo de sistema agroflorestal, tradicionalmente empregado em regiões tropicais da África e Ásia, no qual espécies agrícolas são conduzidas no espaço deixado nas entrelinhas das árvores ou renques (Kang, 1997; Mafra et al. 1998; Queiroz, 2006). Neste sistema o componente arbóreo ou arbustivo é periodicamente podado, aumentando a oferta de nutrientes ao solo, reduzindo os riscos de erosão (Young, 1991; Kang, 1997).

O manejo adotado no cultivo em aléias possibilita a dinamização da vida no sistema, aumentando a MOS, disponibilizando, conseqüentemente, nutrientes no sistema, de forma diferenciada, através das podas dos componentes arbóreos (Mafra et al, 1998). Segundo Mafongoya et al. (1998a), muitos estudos têm mostrado que em SAFs, o manejo da poda de árvores pode suprir quantidade suficiente de nutrientes para atender à demanda da cultura, exceto o fósforo (P).

Exemplos de uso de leguminosas arbóreas ou arbustivas associadas a algumas culturas perenes vêm sendo praticados há alguns anos, como cacau,

para efeito de sombra e adubação (Kiill e Drumond, 2001, Corrêa et al., 2006) e café (Bergo et al., 2006).

Na cultura do café consorciado com a leguminosa arbustiva *Flemingia congesta*, como adubo verde e sombra, Bergo et al. (2006) observaram uma produtividade de 8 e 11,2 sacas ha^{-1} em sistemas sem e com adubação nitrogenada, respectivamente. Esta produtividade foi maior em relação ao café isolado sem e com adubação nitrogenada, que foram de 4,4 e 4,8 sacas ha^{-1} de café, respectivamente. O aporte do material podado e o efeito de copa da leguminosa favoreceram o controle da vegetação espontânea nas entrelinhas e elevou os valores de Ca e de soma de bases do solo. A combinação leguminosa-adubação nitrogenada incrementou a altura e o diâmetro de copa do cafeeiro.

No Agreste Paraibano, Marin et al. (2006) relataram uma produção diferenciada, em termos de grãos e de palha de milho cultivado com aléias de *Gliricidia sepium*, no espaçamento de 6 x 1 m, tendo observado os melhores resultados nas áreas mais próximas às fileiras de gliricídia, onde havia maior concentração de material seco proveniente da queda natural do folheto da gliricídia.

Mafra et al. (1998) compararam, em cerrado na região de Botucatu-SP, a adição de nutrientes entre um sistema em aléias com leucena e uma área de cerrado com predomínio de arbustos e vegetação rasteira. A leucena foi podada constantemente e o material distribuído entre as faixas. Verificou-se que a produção total de biomassa seca no cultivo em aléias foi de 11036 $kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ e na área do cerrado de 2176 $kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$. Isto resultou no dobro da adição de N, P, Ca e Mg no cultivo em aléias em relação à área de cerrado. O total de nutrientes adicionados no sistema em aléias equivale a uma adubação nitrogenada com 280 $kg\ ha^{-1}$ de uréia, uma adição de 30 $kg\ ha^{-1}$ de superfosfato simples e 100 $kg\ ha^{-1}$ de cloreto de potássio.

Barroso et al. (2006), ao avaliarem por dois anos a produtividade de biomassa seca da parte aérea e o aporte de N, P e K de leguminosas arbóreas e arbustivas em aléias (albícia, canafístula, leucena, guandu, sesbânia, sabiá e gliricídia), chegaram à conclusão de que o guandu, apesar de ter apresentado maior produção e capacidade de reciclar nutrientes nos dois anos de avaliação, não é capaz de sustentar essa produção com o regime de podas. Já as

leguminosas arbóreas, apresentaram aumento na produção, indicando seu potencial para uso contínuo no sistema.

Kang (1997) cita algumas espécies leguminosas fixadoras de N que têm apresentado resultados satisfatórios em sistemas de aléias nos trópicos como: *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* que se adequam para uso em terras baixas de regiões úmidas; *Cajanus cajan*, *Calliandra calothyrsus*, *Erythrina poeppigiana* e *Flemingia macrophylla*, para uso em regiões de maiores altitudes; *Flemingia macrophylla* e *Dactyladenia barteri*, para uso em solos ácidos de regiões úmidas.

2.6. Fixação biológica de nitrogênio por leguminosas

Dentre as espécies fixadoras de N_2 do ar, destacam-se aquelas da família Leguminosae. Esta é uma das maiores famílias botânicas, com 16000 a 19000 espécies, em cerca de 750 gêneros, das quais cerca de 200 são cultivadas pelo homem. Estão subdivididas em três subfamílias: Caesalpinioideae, Mimosoideae e Papilionoideae (Freire, 1992; Franco e Faria, 1997).

Muitas leguminosas conhecidas são capazes de formar nódulos com bactérias fixadoras de N_2 , sendo que a maioria delas, cerca de 89%, são Mimosoideae e, cerca de 96% são Papilionoideae. Porém, quase todas as espécies usadas de uso agrícola pertencem à subfamília Papilionoideae (Boddey et al., 2006a), apresentando grande potencial para uso em SAFs, para reabilitação de áreas degradadas e para contribuir na manutenção da sustentabilidade da agricultura em função do seu relevante papel quanto ao fornecimento de N (Franco e Faria, 1997).

A simbiose com bactérias diazotróficas permite que o N_2 atmosférico seja convertido e transferido para a planta em formas assimiláveis, mediante a atuação do rizóbio presente nos nódulos das raízes, tornando possível o fornecimento de forma racional, econômica e contínua de N, o nutriente requerido, normalmente, em maiores quantidades pelas plantas (Gibson et al., 1982; Franco e Döbereiner, 1994; Franco, 1996; Boddey et al, 2006b).

Também, a simbiose com fungos micorrízicos, que ocorrem em muitas leguminosas, permite que a planta beneficie-se desta interação sob alguns aspectos, como melhor aproveitamento do P, nutriente deficiente na maioria dos

solos tropicais e que tem sua disponibilidade reduzida em solos em estado avançado de intemperização (Franco e Faria, 1997; Silva et al., 2006a).

A grande diversidade de espécies, a versatilidade de uso e o seu importante papel na dinâmica dos ecossistemas, especialmente no que tange ao suprimento e ciclagem de N, além de fornecer material formador de uma camada orgânica fazem com que as leguminosas sejam, potencialmente, favoráveis para a adubação das culturas, recuperação e acúmulo de MOS. A disponibilidade de N através da FBN tem reflexos consideráveis na sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas. Vários estudos têm mostrado que seu uso em diversos agroecossistemas tem proporcionado ganhos na produção e na sustentabilidade.

O fato do N ser um dos nutrientes mais limitantes para o estabelecimento das plantas nos trópicos, faz com que as espécies leguminosas fixadoras de N₂ exerçam uma importância significativa na sustentabilidade agrícola (Franco e Döbereiner, 1994; Franco, 1996; Dakora e Keya, 1997; Franco e Faria, 1997; Kass et al., 1997; Boddey et al., 2006a; Boddey et al., 2006b).

Nas regiões tropicais, o uso de espécies dessa família tem se apresentado viável em vários sistemas de produção como, a arborização de pastagens (Carvalho, 1998; Andrade et al., 2002; Silva et al., 2006a), em sistemas de manejo e de uso dos solos como em adubação verde, consorciadas ou em rotação com outras culturas de interesse econômico (Resende, 2000; Perin et al., 2002; Espindola et al., 2006a; Queiroz, 2006), bem como na recuperação de áreas degradadas (Franco e Faria, 1997; Costa et al., 1997; Paulino, 2003).

As leguminosas usadas como adubos verdes podem fornecer N via FBN, através de resíduos adicionados ao solo, em quantidades que sejam suficientes para atender à demanda da cultura de interesse em sucessão ou consorciadas. Assim, pode-se evitar ou reduzir a aplicação de adubos nitrogenados sintéticos, que são altamente poluentes quando aplicados de forma incorreta ou em excesso, além do alto custo que representam (Franco e Döbereiner, 1994; Franco, 1996; Döbereiner, 1997; Urquiaga e Zapata, 2000a). Tudo isso, proporciona consideráveis contribuições para a viabilidade econômica e sustentabilidade dos agroecossistemas e para o equilíbrio ambiental.

Segundo Macedo et al. (2000), existem estimativas de que *Gliricidia sepium*, *Erytrina* spp e *Acacia* spp podem fixar simbioticamente 31, 60, e 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, respectivamente. Esta quantidade de N fixado depende da

espécie vegetal, do potencial das bactérias do gênero *Rhizobium* no solo, e das condições locais onde são existentes.

As leguminosas podem ser utilizadas em consórcio com outras culturas, mas a escolha da espécie deve ser feita de acordo com sua adaptação à região, com a cultura de interesse e finalidade do sistema de produção (Kang 1997). Conforme a espécie, ela pode ser utilizada como alimento humano, forragem, sombra, combustível e madeira, como plantas de cobertura e para adubação verde, apresentando características potenciais para uso em SAFs (Peoples e Craswell, 1992).

2.6.1. Quantificação da fixação biológica de nitrogênio

Vários pesquisadores têm discutido a importância da FBN na sustentabilidade dos sistemas agrícolas, principalmente nos países em desenvolvimento (Urquiga e Zapata, 2000b; Urquiga et al. 2004; Boddey et al., 2006a; Boddey et al., 2006b). No Brasil, várias publicações têm destacado o papel da FBN em grandes culturas, como a soja (Alves et al., 2003, Alves et al., 2006); a cana-de-açúcar, que mesmo não sendo uma leguminosa, apresenta alguns genótipos com alto potencial de FBN (Coelho et al., 2003), em áreas de pastagens de leguminosas forrageiras (Ovalle et al., 2006) ou de pastagens de gramíneas consorciadas com leguminosas (Silva et al., 2006a; Dias et al., 2007), em plantios florestais (Balieiro et al., 2004), em adubação verde com leguminosas consorciada ou em rotação com diversas culturas de interesse econômico como bananeira (Espindola 2001; Perin, 2002; Espindola et al., 2006a), cana-de-açúcar (Resende, 2000; Resende et al., 2003a), milho (Queiroz, 2006), café (Ricci et al., 2005), brócolis (Diniz et al., 2007), entre outras.

A quantificação da FBN é fundamental para identificar o potencial de leguminosas para adubação verde e de sua contribuição no fornecimento de N para sustentar a produção das culturas. Resende et al. (2000) estimaram a FBN nos adubos verdes *Canavalia ensiformes*, *Crotalaria (juncea e spectabilis)* e *Mucuna deeringiana* consorciados com cana-de-açúcar. Verificaram que as leguminosas apresentaram alto potencial de fixar N, contribuindo com até 52 e 55 kg de N ha⁻¹, conforme se observou em *Crotalaria juncea* e *Canavalia ensiformes*, respectivamente. Para os autores a eficiência do adubo verde para um balanço

positivo de N neste agrossistema depende das condições ambientais que determinarão o crescimento das leguminosas e, conseqüentemente, a produção de biomassa e acúmulo de N.

Existem vários métodos para quantificar a FBN. Dentre eles pode-se citar: a diferença de N total do sistema solo-planta, balanço de N total no sistema solo-planta, redução do etileno, diluição isotópica de ^{15}N , abundância natural de ^{15}N (Resende et al., 2003b), sendo o último o mais indicado para estudos de campo, em sistemas já estabelecidos.

2.6.2. Método da abundância natural de ^{15}N

O emprego de técnicas baseadas no uso de isótopos estáveis de N tem permitido estimar a contribuição da FBN na disponibilidade deste nutriente no solo, na nutrição nitrogenada de culturas e de seu efeito residual para não leguminosas, em diferentes sistemas de manejo. Conforme Hardarson e Danso (1990), as técnicas de diluição isotópica e abundância natural de ^{15}N (delta, $\delta^{15}\text{N}$) têm grande aplicação para avaliar a contribuição da FBN para a nutrição das plantas.

A técnica da abundância natural de ^{15}N tem como base o fato de que, geralmente, o N do solo é levemente enriquecido em ^{15}N em comparação ao N do ar (Shearer e Kohl, 1988), sendo que a composição isotópica do N_2 atmosférico é de 99,6337% e 0,3663% de átomos de ^{14}N e ^{15}N , respectivamente (Junk e Svec, 1958, citado por Rezende et al., 2003b).

Os processos de mineralização/imobilização, nitrificação/desnitrificação, lixiviação e volatilização podem resultar em pequenas variações na composição isotópica (^{14}N e ^{15}N) no solo e nas plantas (Mariotti et al., 1982; Högberg, 1997). Normalmente, estas alterações resultam em um pequeno enriquecimento em ^{15}N do solo e das plantas em relação ao ar atmosférico (Mariotti et al., 1982; Shearer e Kohl 1986 e 1988). É através desse enriquecimento que se pode quantificar a FBN, e a interpretação dos resultados baseia-se no fato de que a planta não fixadora de N_2 (planta testemunha) apresenta um enriquecimento de ^{15}N muito semelhante ao solo e maior do que o da planta fixadora de N_2 (Shearer e Kohl, 1986; Shearer e Kohl, 1988).

Para a aplicação desta técnica é necessária a existência de plantas referência, não fixadoras de N₂, devendo as plantas fixadoras e não-fixadoras (referência) serem cultivadas na mesma área e absorver o N do solo com a mesma proporção dos isótopos ¹⁵N e ¹⁴N (Boddey et al., 2000). Como isto é difícil de ser obtido, devido às diferenças existentes na exploração do solo ou na taxa de absorção de N do solo pelas plantas, recomenda-se usar várias plantas referência de diferentes espécies, como estratégia para verificar a grande homogeneidade da marcação do solo no espaço e tempo (Boddey et al., 2000).

Ainda quanto à discriminação isotópica, é importante considerar os valores de fracionamento isotópico devido ao processo de FBN. Para isso, usa-se um fator de correção (valor B), obtido após o crescimento das plantas fixadoras em um meio livre de N, ou seja, na total dependência de N derivado da FBN (Boddey et al., 2000; Okito et al., 2004).

Para a estimativa da FBN através da abundância natural de ¹⁵N, utiliza-se a seguinte equação (Boddey et al., 2000):

$$\% \text{ FBN} = 100 \left(\frac{(\delta^{15}\text{N}_{\text{solo}}) - (\delta^{15}\text{N}_{\text{planta fixadora}})}{(\delta^{15}\text{N}_{\text{solo}} - B)} \right)$$

Onde: FBN é a percentagem de FBN;

$\delta^{15}\text{N}_{\text{solo}}$ é o valor de $\delta^{15}\text{N}$ encontrado na planta referência que corresponde ao valor de $\delta^{15}\text{N}$ considerado no solo;

$\delta^{15}\text{N}_{\text{planta fixadora}}$ é o valor de $\delta^{15}\text{N}$ encontrado na planta fixadora de N₂ do ar;

B é o fator de correção do fracionamento isotópico que ocorre na planta fixadora, que corresponde à proporção de ¹⁵N da planta fixadora crescida em condições de total dependência da FBN.

Existem outras limitações na adoção desta metodologia que é o alto custo das análises e a necessidade de cuidados especiais com a manipulação das amostras, exigindo para isto pessoal treinado.

Espindola (2001) quantificou a FBN por este método em amendoim forrageiro, cudzu tropical e siratro, usadas como coberturas vivas do solo. Na quantificação da fixação biológica, aos 24 meses após o plantio e no final da estação chuvosa. Observou que os maiores teores de N fixado da atmosfera foram obtidos no amendoim forrageiro, em torno de 90%, fixando até 28 % a mais que as outras espécies.

Perin et al. (2004a) avaliaram a FBN, pelo método da abundância natural de ¹⁵N, em sistemas de cultivo solteiro e consorciado de crotalária (*C. juncea*) e

milheto (*Pennisetum americanum*). Observaram que a biomassa do consórcio teve o dobro de N em relação à do milheto isolado e que 57% e 61% do total de N acumulado pela crotalária isolada e consorciada, respectivamente, eram provenientes da FBN. Tal fato foi associado à maior competição da gramínea pelo N mineral do solo, que estimulou maior FBN na crotalária. Esta incorporou ao solo cerca de 173 e 89 kg ha⁻¹ de N via fixação biológica, quando isolada e consorciada, respectivamente, o que mostra seu alto potencial como adubo verde.

Na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, Oliveira et al. (2006) avaliaram o cultivo do inhame entre aléias de guandu em sistema orgânico. Verificou-se que a poda do guandu possibilitou um aporte de 159 kg N ha⁻¹ ao sistema. Através da técnica da abundância natural de ¹⁵N, a FBN do guandu foi estimada em torno de 45%. Assim a FBN permitiu a incorporação ao sistema de cerca de 72 kg N ha⁻¹. Verificou-se também, que a biomassa do guandu proporcionou, em média, a ciclagem (em 1 ha⁻¹) de 20 kg de P, 136 kg de K, 64 kg de Ca e 16 kg de Mg, através da incorporação de 6,58 t ha⁻¹ de MOS.

Na Austrália, Peoples et al. (1996) estimaram a FBN da gliricídia realizada através dessa mesma técnica, em diferentes épocas de poda realizadas entre 22 e 117 semanas após o plantio. Verificaram que a proporção de FBN variou entre 56 e 89 % nas diferentes épocas de avaliação. Também Ladha et al. (1993), citados por Garrity e Mercado Jr. (1994), ao estimarem a proporção de N na gliricídia derivada da fixação biológica, verificaram que esta contribuiu com aproximadamente 30-60% do N total acumulado na planta e esta variação foi relacionada com a época em que foi feita a avaliação.

Através desta metodologia pode-se estimar, também, a transferência de N das leguminosas ou do adubo verde para outras espécies. Contudo, existem poucos trabalhos na literatura relacionados à estimativa da transferência de N fixado biologicamente pelas leguminosas para outras culturas de interesse, através desta técnica.

A estimativa do percentual de N transferido das leguminosas para a cultura de interesse pode ser expressa pela equação abaixo, utilizada por Dias et al. (2007):

$$\% \text{ de } N_{\text{transferido}} = (1 - \delta^{15}N_{\text{planta teste}} / \delta^{15}N_{\text{planta testemunha}}) \times 100$$

Onde, a planta teste é a fixadora de N; a planta testemunha é considerada o ponto de transferência zero de N derivado da FBN por parte da leguminosa, ou seja, a planta que não sofre influência da leguminosa.

Dias et al. (2007), ao estudarem os efeitos de leguminosas arbóreas na transferência de N para o capim survenola (híbrido entre *Digitaria setivalva* e *D. valida*), avaliados nas áreas de influência das copas das árvores, verificaram que os valores de $\delta^{15}\text{N}$ nos tecidos da parte aérea do capim que se encontrava mais afastado do tronco das árvores, ou seja mais distantes da área de influência das árvores eram maiores do que os da área mais próxima do tronco. Segundo os autores, os resultados demonstram a influência da FBN pelas leguminosas arbóreas no fornecimento de N para o capim, sendo que as maiores contribuições ocorreram nas áreas de influência das leguminosas, onde há maior reciclagem do N_2 fixado.

Em Seropédica-RJ, Espindola et al. (2006a) obtiveram uma estimativa de FBN nas leguminosas cudzu tropical, amendoim forrageiro e siratro consorciadas com a cultura da bananeira de 86,2, 66,9 e 38,2%, respectivamente. Diferenças estatísticas não foram observadas entre os adubos verdes quanto à transferência de N derivado da FBN para as bananeiras, entretanto, os autores constataram que cerca de 24, 33 e 40 % do N encontrado nos tecidos de folhas das bananeiras foram provenientes da FBN pelo siratro, cudzu tropical e amendoim forrageiro, respectivamente.

2.7. Matéria orgânica do solo (MOS)

É bem reconhecida a importância da MOS na ciclagem de nutrientes, no controle da temperatura e da erosão, na melhoria da infiltração e da retenção de água e da atividade biológica do solo (Swift e Woome, 1993). Exerce papel fundamental na sustentabilidade de cultivos, principalmente através de interações químicas e físicas com o solo, em relação à liberação de nutrientes, à retenção de cátions e à estruturação do solo (Bayer e Mielniczuk, 1999; Craswell e Lefroy, 2001).

A maior contribuição da MOS na fertilidade do solo está na capacidade de suprir boa parte da demanda de nutrientes para as plantas, sendo a principal fonte de N (Bremner, 1965; Craswell e Lefroy, 2001; Urquiaga e Zapata, 2000b).

Melhorias na quantidade e na qualidade da MOS constituem-se em uma forma de mitigar o aquecimento global, provocado pela emissão de gases de efeito estufa, especialmente o CO_2 , conforme descrito por Lal (2004) e Urquiaga

et al. (2004). Pequenas mudanças no conteúdo de C orgânico do solo podem proporcionar grandes efeitos na concentração de CO₂ na atmosfera e algumas estratégias de manejo podem otimizar o acúmulo ou o sequestro de carbono (C) do solo nos diferentes sistemas de produção agrícola, que irão refletir na redução dos impactos da mudança climática provocados pelo incremento de CO₂ atmosférico (Lal, 1997; Craswell e Lefroy, 2001).

Urquiaga et al. (2004) mencionaram que para o acúmulo e estabilização do C no solo, é necessário considerar que no solo a matéria orgânica esteja na forma estável, com relação C/N em torno de 10. Assim, o aumento do seqüestro de C no solo é uma variável totalmente dependente do balanço de N no sistema. Estudos mostram que existe uma estreita relação entre as dinâmicas do C e do N durante a decomposição da MOS. Os autores enfatizam que, para elevar o seqüestro de C orgânico do solo, não basta apenas a preocupação com a quantidade de C orgânico fresco adicionado ao solo via resíduos vegetais, mas também com a qualidade dos mesmos.

Assim, a prática da adubação verde pode contribuir para o balanço positivo de N no sistema, através de adição de resíduos de fácil decomposição, incrementando o conteúdo de C no solo. Este manejo e a FBN são importantes para incrementar o seqüestro de C (Urquiaga et al., 2004), além de contribuir para a nutrição da cultura de interesse em consórcio ou em rotação.

O potencial de resíduos orgânicos para contribuir com a nutrição, especialmente em N, das culturas de interesse econômico é altamente dependente das características de decomposição e liberação de N dos resíduos com relação à demanda da cultura (Myers et al., 1994; Mafongoya et al., 1998a e 1998b). Conforme Myers et al. (1994) e Mafongoya et al. (1998a; 1998b), a eficiência da adubação verde está relacionada ao sincronismo entre a liberação de nutrientes contidos no adubo com a demanda nutricional da cultura de interesse econômico.

A decomposição e a liberação de nutrientes dos resíduos orgânicos do solo são influenciadas por fatores bióticos e abióticos. Dentre os quais estão a qualidade dos resíduos (Palm e Sanchez, 1991; Mafongoya et al., 1998a e 1998b; Chikowo et al., 2006), a atuação dos macro e microrganismos (Swift e Anderson, 1989) e as condições físico-químicas do ambiente, as quais são controladas pelo clima e pelas características edáficas locais (Correia e Andrade, 1999; Moreira e

Siqueira, 2002), além das práticas de manejo adotadas (Myers et al., 1994; Palm et al., 2001).

Conforme Craswell e Lefroy (2001), a seleção de resíduos orgânicos com base na sua qualidade, bem como na sua taxa de decomposição, pode tornar-se uma importante ferramenta para o desenvolvimento de sistemas mais sustentáveis, pelo incremento de C no solo e manutenção de um balanço entre as suas diferentes formas ou frações (lábil, menos lábil e recalcitrante). Para estes autores, entender os fatores que atuam na degradação do material orgânico é, provavelmente, um dos passos mais importantes para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais sustentáveis.

Dentre as características dos resíduos orgânicos que influenciam na velocidade de decomposição dos mesmos e na liberação de nutrientes, podem-se citar: o teor de N, a relação C/N, conteúdo de lignina e relação lignina/N, conteúdo de polifenóis e relação polifenóis/N, e relação (lignina + polifenóis)/N (Palm e Sanchez, 1991; Tian et al., 1992a; Tian et al., 1995).

A presença de leguminosas viabiliza a introdução de N ao sistema e o fornecimento de um material orgânico com menor relação C/N (Calegari et al., 1993; Andreola et al., 2000), permitindo assim, o incremento de MOS, propiciando e favorecendo a dinâmica de decomposição da mesma pelos microrganismos do solo. Assim, a FBN, além de poder fornecer N ao sistema, viabiliza a ciclagem de outros nutrientes, essencialmente necessários aos sistemas de produção agrícola.

A incorporação no sistema de resíduos ricos em N, como os de leguminosas, favorece a atuação da biota do solo e, conseqüentemente, intensifica a dinâmica de mineralização da MO e aumenta a disponibilidade de nutrientes, proporcionando maior efeito positivo sobre as culturas de interesse. Conforme Balieiro et al. (2004), esta prática pode possibilitar que o sincronismo entre exigência-suprimento de nutrientes às culturas seja atingido (Balieiro et al., 2004). Por outro lado, a rápida liberação de N pode suprir a demanda de culturas anuais pelo nutriente, desde que haja sincronia entre a liberação e a demanda da cultura. Caso contrário há riscos de perda por lixiviação e volatilização (Mafongoya et al. 1998b).

Deve-se considerar que o aporte de resíduos de alta relação C/N ao sistema e, conseqüentemente, a baixa taxa de decomposição, pode proporcionar

melhor proteção do solo, por preservar ou aumentar o conteúdo de MOS em longo prazo (Bortolini et al., 2000). Conforme Chikowo et al. (2006), as leguminosas que apresentam uma decomposição mais lenta dos resíduos têm a vantagem de melhorar ou manter o conteúdo de MOS em solos arenosos.

Estudos têm mostrado que, para haver equilíbrio nos processos de decomposição da MOS, é interessante que haja maior diversidade vegetal no agroecossistema. Alguns trabalhos mostram a importância da combinação de leguminosas e gramíneas visando à cobertura do solo e à adubação verde. A incorporação de resíduos com qualidades mais favoráveis à decomposição pela leguminosa e a presença de espécies de outras famílias, incorporando resíduos de decomposição mais lenta, proporciona uma combinação com características favoráveis à proteção do solo e à nutrição das plantas (Mafongoya et al., 1998a; Andreola et al. 2000; Bortolini et al., 2000).

CAPÍTULOS

FIXAÇÃO BIOLÓGICA E TRANSFERÊNCIA DE NITROGÊNIO POR TRÊS LEGUMINOSAS EM POMAR ORGÂNICO DE MANGUEIRA E GRAVIOLEIRA

RESUMO

O uso de espécies leguminosas em pomares pode ser uma alternativa viável para suprir a demanda de N pelas frutíferas. Informações relacionadas ao potencial de fixação biológica de N_2 do ar (FBN) para leguminosas e de sua contribuição para o suprimento de N em áreas cultivadas com pomares são importantes para auxiliar na escolha de espécies mais adequadas para a formação do consórcio. Os objetivos do trabalho foram estimar, em um pomar orgânico de mangueira e gravioleira, a FBN pelas leguminosas *Gliricidia sepium* (gliricídia), *Crotalaria juncea* (crotalária) e *Cajanus cajan* (feijão guandu anão) e a transferência de N derivado da FBN para as frutíferas, através do método da abundância natural de ^{15}N . O experimento consistiu no estabelecimento de uma leguminosa arbórea, a gliricídia no sistema de aléias, e de duas anuais, a crotalária e o feijão guandu, no pomar de mangueira e gravioleira em fase de formação, sob manejo orgânico, localizado no município de Campos dos Goytacazes-RJ. A gliricídia e a crotalária apresentaram grande potencial em suprir N ao pomar, tendo a gliricídia

apresentado o maior potencial de FBN (80%), seguida da crotalária (64,5%) e do feijão guandu (45%). Em dois cortes da crotalária foi fornecido ao sistema cerca de 149,5 kg ha⁻¹, sendo que 96,5 kg eram derivados da FBN. A gliricídia, com três podas anuais, forneceu cerca de 56,5 e 80 kg ha⁻¹ ano⁻¹, sendo a maior parte derivada da FBN, em torno de 45 e 64 kg ha⁻¹ ano⁻¹, em dois anos consecutivos. A quantidade de N fornecida ao sistema foi superior à demandada pelas culturas da mangueira e da gravioleira. Contudo, somente foram detectadas variações na abundância natural de ¹⁵N nas folhas da gravioleira, indicando que a adubação verde com gliricídia e crotalária foi importante no fornecimento de N para essa frutífera, transferindo, em diferentes quantidades, parte do N fixado biologicamente, cerca de 22,5 e 40 %, respectivamente. Pode-se concluir que a adubação verde com gliricídia é mais vantajosa para a adubação nitrogenada do pomar em relação à com crotalária, em função da possibilidade do N ser fornecido ao sistema de forma parcelada, possibilitando melhor aproveitamento do N disponibilizado pelas frutíferas.

Termos de indexação: ¹⁵N, adubação verde, *Gliricidia sepium*, *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan*

BIOLOGICAL FIXATION AND NITROGEN TRANSFER BY THREE LEGUMINOUS PLANTS IN MANGO AND SOURSOP ORGANIC ORCHARDS

ABSTRACT

Leguminous plant species may constitute an interesting option if used in orchards to supply N demands from fruit trees. Information about the potential for biological nitrogen fixation (BNF) by the leguminous plants and its contribution by supplying N in orchards, are important to aid in the selection of the most adequate species for the implementation of the association. The objectives of this work were to evaluate BNF and the N transfer derived from BNF, through the method of ¹⁵N natural abundance, by the leguminous species: *Gliricidia sepium* (gliricidia),

Crotalaria juncea (sunhemp) and *Cajanus cajan* (pigeon pea) to a mango and soursop in organic orchards. The experiment consisted in the establishment of an arborous leguminous class (gliricidia), in alley cropping, and two annual species (sunhemp and pigeon pea), in a mango and soursop orchard in formation stage located in Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil. Gliricidia and sunhemp showed high potential in supplying N to the orchard, with gliricidia having the highest potential for BNF (80 %), followed by sunhemp (64,5 %) and pigeon pea (45 %). After two sunhemp prunes almost 149,5 kg ha⁻¹ of N was supplied, with 96,5 kg derived from NBF. After three annual prunes, gliricidia supplied near 65,5 and 80 kg ha⁻¹ year⁻¹, with a great part being derived from NBF, approximately 45 and 64 kg ha⁻¹ year⁻¹, in two consecutive years. The quantity of N supplied to the system was superior to mango and soursop requirements. However, variations in the natural abundance of ¹⁵N were only detected in leaves of soursop, showing that green fertilization with gliricidia and sunhemp was important for N supplying to these fruit tree, transferring in different quantities, part of the N fixed biologically (approximately 22,5 and 40 % respectively). Green fertilization for nitrogen is more efficient when using gliricidia than sunhemp, due to the possibility of supplying N to the system as divided fractions, thus making the acquisition of N by the fruit trees more advantageous.

Key words: biological fixation, nitrogen transfer, ¹⁵N, *Gliricidia sepium*, *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan*

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, pesquisadores têm buscado estratégias de manejo que permitam uma agricultura conservacionista e sustentável através da otimização de processos biológicos (Altieri, 2002). O uso de espécies de plantas que são eficientes na exploração dos recursos naturais disponíveis no ambiente, para atender às suas necessidades, e ainda, contribuir com a manutenção ou melhoria da fertilidade do solo e da capacidade produtiva do agroecossistema, tem sido cada vez mais valorizado.

Na maioria dos solos tropicais, a produção das culturas é severamente limitada pela deficiência de N (Gibson et al., 1982). Assim, a produção das culturas é dependente da aplicação de adubos nitrogenados sintéticos ou de fontes nitrogenadas alternativas, como os adubos verdes.

A introdução de espécies leguminosas arbóreas ou arbustivas em áreas cultivadas com pomares pode ser uma alternativa viável para suprir a demanda de N pelas frutíferas. Este nutriente é um dos mais exigidos tanto na fase de formação quanto na fase de produção de muitas espécies frutíferas, como a mangueira e a gravioleira.

O uso das leguminosas como adubos verdes, que apresentam elevado potencial de FBN e de produção de biomassa, em pomares, além de proporcionar economia com fertilizantes, contribui para o manejo ecológico do pomar. Isso é fundamental para a produção orgânica, para o estabelecimento e manutenção dos produtores no mercado de forma competitiva e menos dependente de subsídios.

Ainda há poucos estudos relacionados ao potencial das leguminosas, especialmente as arbóreas, para uso como adubos verdes em pomares, principalmente em relação à FBN e à transferência de N derivado da FBN pelas leguminosas para culturas de interesse econômico.

Nesse sentido, busca-se verificar se a introdução de algumas leguminosas, de diferentes portes, em um pomar orgânico é uma prática de manejo viável para o fornecimento de N às frutíferas.

O estudo teve como objetivos estimar, pelo método da abundância natural de ^{15}N , a FBN da leguminosa arbórea *Gliricídia sepium* (Jacq) Pers. (gliricídia) e das leguminosas subarbustivas anuais *Crotalaria juncea* L. (crotalária) e *Cajanus cajan* (L.) Millsp (feijão guandu anão), em um pomar orgânico de mangueira e gravioleira, no município de Campos dos Goytacazes-RJ, e também a transferência de N fixado pelas leguminosas para as frutíferas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Diferentes sistemas de consórcio foram implantados em um pomar orgânico, já estabelecido, de mangueira e gravioleira, de 5 ha, situado em Travessão - Distrito de Campos dos Goytacazes, RJ.

O solo da região é classificado como um Argissolo Amarelo, com relevo plano, característico dos solos de tabuleiros costeiros (Costa et al., 2004a), apresentando horizonte subsuperficial coeso e adensado. O clima da região é do tipo Aw, pela classificação de Köppen, caracterizado como quente e úmido, e regime pluviométrico com estação chuvosa no verão e estiagem no inverno. Os dados de precipitação pluviométrica e temperatura são apresentados na Figura 1.1. As coordenadas geográficas do local são: latitude de 21°36'49,6" (S) e longitude 41°16'25,7" (W).

No passado, a área foi utilizada para cultivo da cana-de-açúcar por longo tempo. Após a eliminação da cultura a área permaneceu em pousio por 10 anos, aproximadamente. A partir de setembro de 2002, foi introduzido o plantio de milho com crotalária nas entrelinhas, para servir como adubo verde. Após a colheita do milho, a área permaneceu ocupada com o adubo verde até próximo à instalação do pomar (Costa et al., 2004a).

Em dezembro de 2003, o solo apresentava as seguintes propriedades químicas de fertilidade, na profundidade de 20 cm, cujas análises seguiram metodologia da Embrapa (1997): pH= 6,3; C=10,2 g dm⁻³; P=10 mg dm⁻³; K=0,5 mmol_c dm⁻³; Ca= 17 mmol_c dm⁻³; Mg=7 mmol_c dm⁻³; SB=24 mmol_c dm⁻³; CTC=49 mmol_c dm⁻³; V= 50% (Costa et al., 2004a).

A Tabela 1.1 traz as propriedades granulométricas do solo (Embrapa, 1997) sob os diferentes sistemas.

Tabela 1.1: Granulometria do solo, em três profundidades, nos quatros sistemas de cultivo, no município de Campos dos Goytacazes-RJ

Consórcio	Profundidade (cm)	Areia	Silte g kg ⁻¹	Argila	Classe textural
frutíferas + gliricídia	0 – 5	751,51	71,72	176,78	franco arenosa
	5 - 10	745,90	75,35	178,75	franco arenosa
	10 - 20	707,68	76,61	215,71	franco argilo arenosa
frutíferas + feijão guandu	0 – 5	723,77	65,57	210,66	franco argilo arenosa
	5 - 10	718,46	69,96	211,58	franco argilo arenosa
	10 – 20	687,37	84,63	228,00	franco argilo arenosa
frutíferas + crotalária	0 – 5	761,06	86,18	152,76	franco arenosa
	5 – 10	768,33	81,51	150,15	franco arenosa
	10 – 20	762,35	81,84	155,82	franco arenosa
frutíferas (testemunha)	0 – 5	726,48	75,57	197,95	franco arenosa
	5 – 10	693,78	84,63	221,58	franco argilo arenosa
	10 – 20	702,71	85,57	211,72	franco argilo arenosa

As ocorrências climáticas quanto à precipitação pluvial (totais mensais) e médias das temperaturas mensais máxima, mínima e média estão resumidas na Figura 1.1, conforme dados fornecidos pela EEC PESAGRO – RJ / Campos dos Goytacazes.

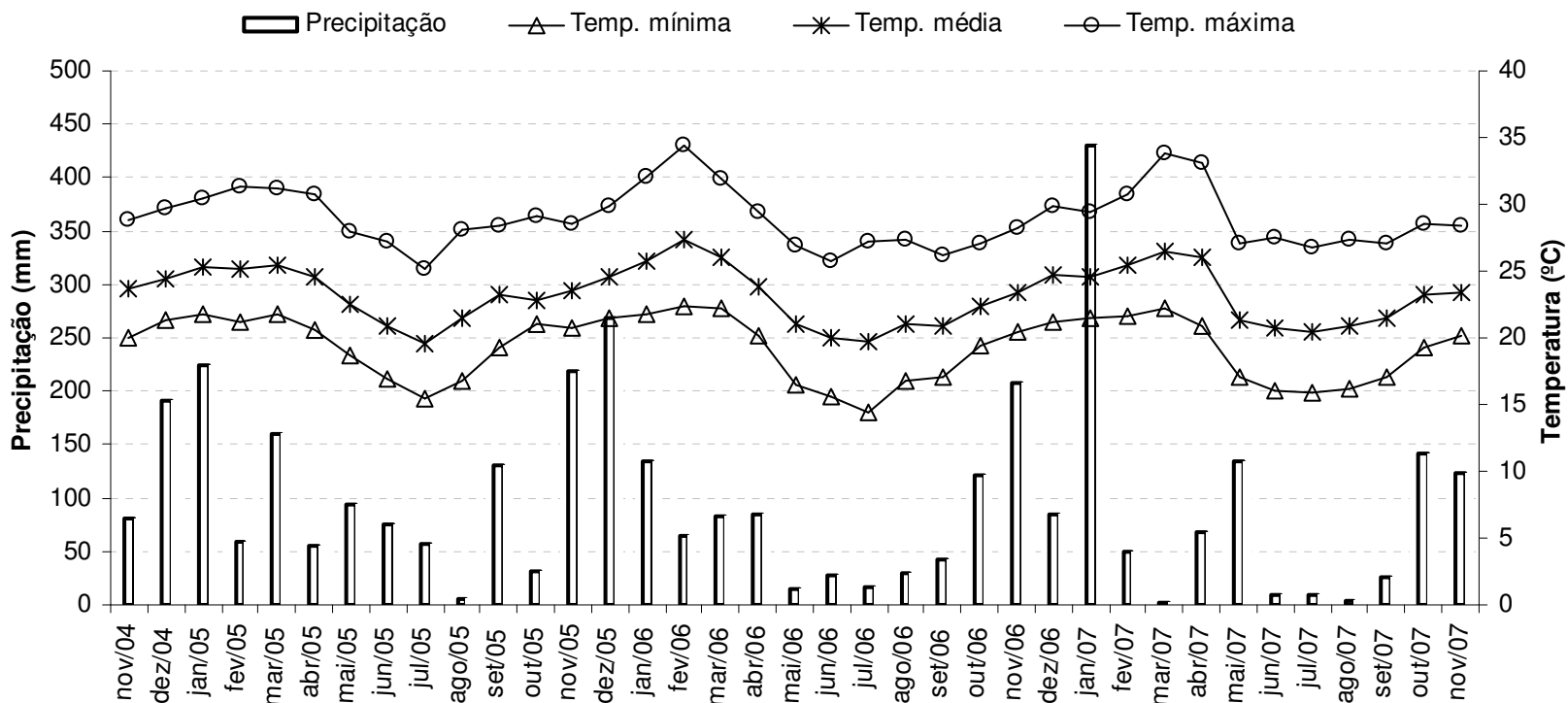
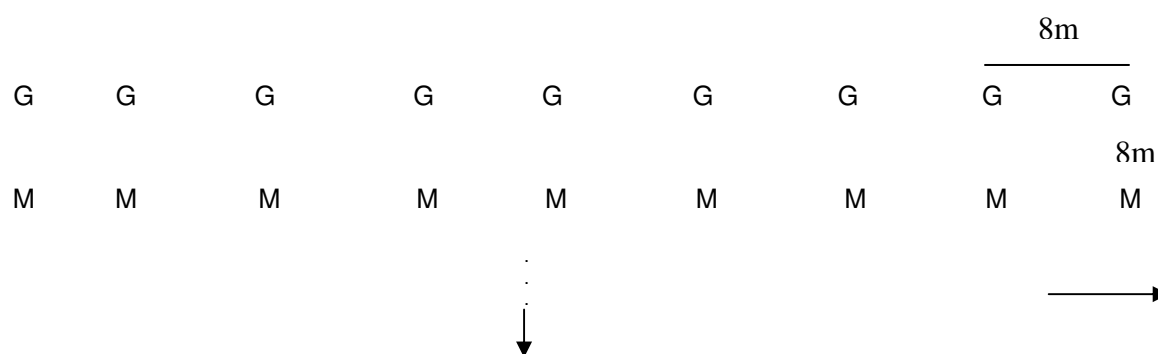


Figura 1.1: Precipitação pluvial acumulada no mês (mm), médias das temperaturas mensais máxima, mínima e média (°C), no município de Campos dos Goytacazes-RJ.

Em novembro de 2003, foram introduzidas mudas de mangueira e gravioleira na área, conduzidas sob manejo orgânico, dispostas em linhas homogêneas e alternadas, no espaçamento 8 x 8m (Figura 1.2). O plantio foi feito em covas, nas dimensões 50 x 50 x 50 cm, que receberam, aproximadamente, 10 litros de material de compostagem de casca de eucalipto e farinha de carne e ossos, sendo adicionados 300 g de calcário dolomítico por cova, dois meses antes do plantio (Costa et al., 2004a). As variedades de gravioleiras foram “morada” e “crioula”, e a mangueira, a variedade foi “Tommy Atkins”.



G – gravioleira, M – mangueira.

Figura 1.2. Esquema do consórcio entre mangueira e gravioleira.

2.2. Condução do experimento

2.2.1. Estabelecimento dos sistemas de cultivo no pomar

Foi realizada a avaliação de quatro sistemas de cultivos consorciados, estabelecidos dentro do pomar orgânico de mangueira e gravioleira (Tabela 1.2). Para cada um dos sistemas propostos foi delimitada uma área de 4608 m² do pomar. Posteriormente, a área de cada sistema foi subdividida em nove unidades amostrais de 512 m², das quais seis foram selecionadas, ao acaso, para avaliações, em diferentes períodos. As seis unidades amostrais foram consideradas como repetições experimentais (n=6).

Nos diferentes sistemas de cultivo, cada unidade amostral continha oito frutíferas (quatro mangueiras e quatro gravioleiras) e as leguminosas, exceto o

sistema referência. No sistema com gliricídia, em cada unidade amostral foram plantadas 32 mudas dessa espécie.

O plantio das mudas de gliricídia ocorreu em novembro de 2004, aproximadamente, um ano após o estabelecimento do pomar. A semeadura da crotalária e do feijão guandu, em novembro de 2005, dois anos após o estabelecimento do pomar.

Tabela 1.2: Sistema de cultivo para a produção de mangueira e gravioleira

Área	Sistema de cultivo consorciado
1	mangueira e gravioleira + gliricídia
2	mangueira e gravioleira + crotalária
3	mangueira e gravioleira + feijão guandu
4	mangueira e gravioleira (testemunha)

2.2.2. Produção e plantio das mudas de gliricídia e semeadura da crotalária e do feijão guandu anão

As mudas de gliricídia foram produzidas a partir de estacas, com cerca de 60 cm de comprimento e diâmetro variando entre 2,5 – 4,5 cm, fornecidas pela Embrapa-Agrobiologia, RJ. Foram plantadas em covas de 40x40x40 cm e receberam 5L de composto orgânico de casca de eucalipto e farinha de carne e ossos. O plantio foi feito a 2 m das linhas das frutíferas e no espaçamento de 4 x 4 m entre plantas de gliricídia, constituindo um sistema de cultivo em aléias (Figura 1.3). Cada frutífera foi circundada por quatro plantas de gliricídia.

As sementes de crotalária e feijão guandu foram inoculadas, na ocasião da semeadura, com bactérias da estirpe BR 2003 (=SEMIA 6156), do gênero *Rhizobium*, da coleção de culturas da Embrapa Agrobiologia. As semeaduras da crotalária e do feijão guandu foram realizadas a 1,5 metros das linhas das frutíferas, em linhas espaçadas de 0,5 m entre si, com o auxílio de matraca e não receberam nenhum tipo de adubação. Foram distribuídas, aproximadamente, 5 sementes por cova, no espaçamento médio de 20 cm entre covas (Figura 1.4).

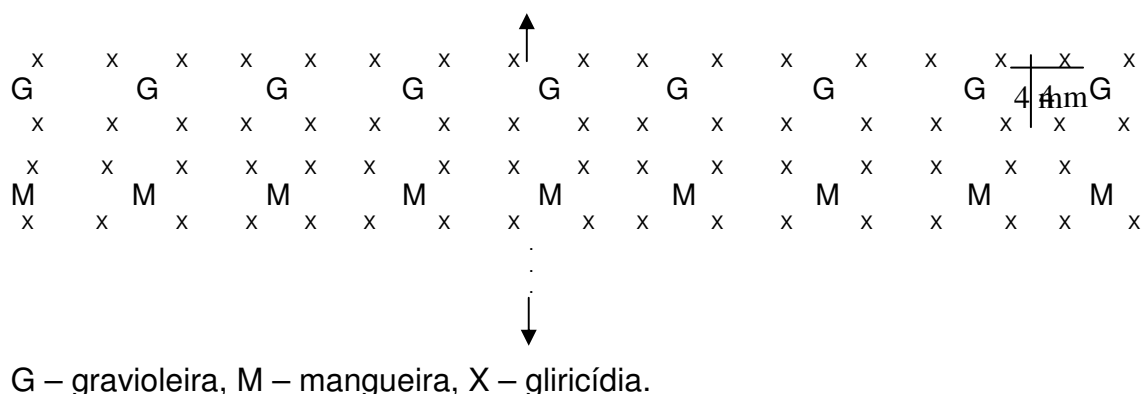


Figura 1.3. Esquema do plantio de gliricídia, em consórcio com mangueira e gravioleira.

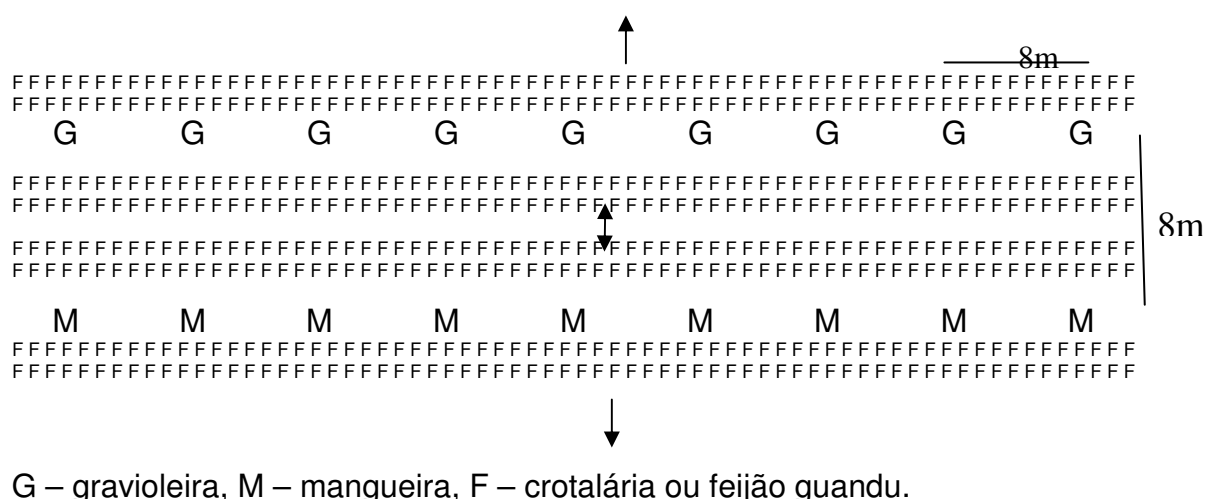


Figura 1.4. Esquema da sementeira da crotalária ou do feijão-guandu, em consórcio com mangueira e gravioleira.

2.3. Coletas de campo e análises de laboratório

2.3.1. Quantificação da produção de biomassa das leguminosas

A gliricídia foi mantida sob podas freqüentes, quando atingiam uma altura média de 2,15 m. A altura de corte foi de 1m, aproximadamente, e o material podado foi distribuído em torno da área sob a copa das frutíferas. A primeira poda, realizada 6,5 meses após o plantio (06/2005), serviu para dar uniformidade ao estande. Devido à baixa produção de biomassa, em consequência do curto intervalo de tempo para o crescimento das plantas, os dados desta poda não

serão apresentados neste trabalho. No decorrer dos anos de 2006 e 2007, as plantas foram submetidas a seis podas (janeiro, março e novembro de 2006, janeiro, abril e novembro de 2007). Em todas as podas, quantificou-se o material em cada planta de gliricídia nas seis unidades amostrais (totalizando 192 plantas amostradas no sistema). A parte aérea podada foi separada em folhas + ramos tenros (diâmetro $\leq 0,9$ cm) e ramos lignificados (diâmetro $> 0,9$ cm), que foram pesados para a estimativa da biomassa fresca. Em cada unidade amostral foi retirada uma amostra, que foi pesada no campo para posterior estimativa da biomassa seca de cada componente aéreo avaliado.

A crotalária recebeu dois cortes, fevereiro e abril de 2006 (74 dias após a semeadura e 54 dias após primeiro corte), e o feijão guandu um corte em fevereiro de 2006 (81 dias após plantio), todos no florescimento e, aproximadamente, a 10 cm acima do solo. O material cortado foi distribuído em torno da área de copa das frutíferas. Para a estimativa da biomassa produzida, utilizou-se um gabarito de madeira com área de 1m^2 , que foi jogado em três locais, ao acaso, em cada uma das seis unidades amostrais. O material coletado dentro do gabarito foi pesado para estimativa da biomassa fresca. Em cada unidade amostral foi retirada uma amostra, que foi pesada no campo para a estimativa da biomassa seca.

Após pesagem no campo, as amostras foram levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65°C , por 72 h. O material foi pesado, para estimativa da biomassa seca e, posteriormente, triturado em moinho tipo *Wiley*, com peneira de 20 meshes. Uma fração destas amostras moídas foi usada para a determinação do N total, pelo método de digestão Kjeldahl (Anderson e Ingram, 1996).

2.3.2. Estimativa da fixação biológica de N_2 (FBN) pelas leguminosas e da transferência do N fixado para as frutíferas

Na ocasião da segunda poda da gliricídia (jan/2006) e do primeiro corte da crotalária e do feijão guandu (fev/2006), foram coletadas seis amostras, correspondentes as seis unidades amostrais de cada sistema de cultivo consorciado, para estimar a FBN destas leguminosas. Como plantas referência para a FBN, foram empregadas quatro espécies, não leguminosas, formadoras da

vegetação espontânea do sistema de cultivo referência (Frutíferas – área 4). Na gliricídia foram amostrados ramos tenros + folhas e as espécies referências foram: *Brachiaria spp* (braquiária), *Emilia sonchifolia* (L) DC (falsa serralha), *Hynchelytrum repens* (Willd) CE.Hubb (capim favorito) e *Digitaria insularis* (L) Fedde (capim amargoso); na ocasião do primeiro corte da crotalária e do feijão guandu foi amostrada a parte aérea das plantas e as espécies referências foram: *Brachiaria spp* (braquiária), *Bidens pilosa* L (picão preto), *Hynchelytrum repens* (Willd) CE.Hubb (capim favorito) e *Digitaria insularis* (L) Fedde (capim amargoso). Foi retirada uma amostra composta constituída por seis amostras simples de cada espécie dessas populações e as coletas foram realizadas na estação chuvosa.

Para a estimativa da transferência do N fixado (FBN) das leguminosas para as frutíferas, nas seis unidades amostrais dos três sistemas de cultivo consorciado (frutíferas e leguminosas) e, também, na área referência (Frutíferas – área 4) foi coletada uma amostra composta de folhas, retiradas de quatro plantas de cada espécie (gravioleira e mangueira). No sistema com gliricídia as amostras foram coletadas aos 35 e 60 dias após a poda. Na crotalária e no feijão guandu, aos 35 dias após o corte. Na mangueira, foram amostradas folhas adultas, localizadas na parte mediana da copa e em todos os quadrantes da planta (1 folha/quadrante), conforme recomendações de Magalhães e Borges (2000). Na gravioleira, foram amostradas folhas adultas, localizadas na parte mediana do ramo e da copa da planta, retirando-se aproximadamente 10 folhas/planta (Pinto et al., 2001).

Após a coleta no campo, as amostras foram levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65°C, por 72 h. Posteriormente, foram trituradas em moinho tipo *Wiley*, com peneira de 20 meshes e encaminhadas à Embrapa Agrobiologia para realização das análises de abundância natural de ^{15}N e de N total.

As estimativas da FBN e da transferência do N fixado derivado da leguminosa foram realizadas através da técnica da abundância natural de ^{15}N (delta, $\delta^{15}\text{N}$), descrita por Shearer e Kohl (1986 e 1988). Foi utilizado o espectrômetro de massa Finnigan MAT[®], modelo Delta Plus[®] para a estimativa de $\delta^{15}\text{N}$ nas amostras.

Para a estimativa da FBN foi utilizada a seguinte equação, conforme Boddey et al. (2000):

$$\% \text{ FBN} = 100 \left(\frac{(\delta^{15}\text{N}_{\text{solo}}) - (\delta^{15}\text{N}_{\text{planta fixadora}})}{(\delta^{15}\text{N}_{\text{solo}} - B)} \right)$$

Onde: FBN é a percentagem de FBN; $\delta^{15}\text{N}_{\text{solo}}$ é o valor de $\delta^{15}\text{N}$ encontrado na planta referência; $\delta^{15}\text{N}_{\text{planta fixadora}}$ é o valor de $\delta^{15}\text{N}$ encontrado na leguminosa; B é o fator de correção do fracionamento isotópico de ^{15}N , que ocorre durante o processo de FBN, e que neste estudo foram considerados os seguintes valores: -1,5, e -0,9 $\delta^{15}\text{N}$ (‰) para gliricídia e feijão guandu, respectivamente, obtidos em Boddey et al. (2000); e -1,4 $\delta^{15}\text{N}$ (‰) para crotalária, obtido em Okito et al. (2004).

Para a estimativa da transferência de N foi utilizada a seguinte equação, utilizada por Dias et al. (2007):

$$\% \text{ de N transferido} = (1 - \delta^{15}\text{N}_{\text{planta teste}} / \delta^{15}\text{N}_{\text{planta testemunha}}) \times 100$$

Onde, $\delta^{15}\text{N}_{\text{planta teste}}$ é o valor de $\delta^{15}\text{N}$ obtido na frutífera que recebeu adubação verde e o $\delta^{15}\text{N}_{\text{planta testemunha}}$ é o valor de $\delta^{15}\text{N}$ obtido na frutífera cultivada sem adubação verde.

2.4. Análise dos dados

Foram estabelecidos intervalos de confiança para comparação das médias (Cochran, 1955), considerando-se o nível de significância de 5%, e admitindo-se um tamanho de amostras representativo da população.

Na estimativa da transferência de N, para comparação das médias de $\delta^{15}\text{N}$ entre frutíferas com adubação verde e sem adubação verde (sistema referência) foi utilizado o teste t de Student, em 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Estimativa da fixação biológica de N₂ atmosférico

A análise da abundância natural de ¹⁵N mostrou grande diferença entre as plantas referência e as leguminosas, as primeiras apresentando maiores valores de δ¹⁵N, entre 4,86 e 6,73 (Tabela 1.3), dependendo da área que foram retiradas. As leguminosas apresentaram valores que variaram com a espécie, de -0,20 a 3,06 deltas, valores inferiores aos observados nas plantas referência, o que indica que, além de ter havido uma contribuição da FBN para as plantas, houve diferenças no potencial de fixação entre as espécies. Conforme Miranda et al. (2003), as plantas que realizam a fixação do N₂ do ar apresentam teores de ¹⁵N menores do que as plantas não fixadoras. Isto porque na medida em que o N₂ é fixado ocorre a diluição do ¹⁵N que foi absorvido do solo.

Tabela 1.3: Valores de delta ¹⁵N (δ¹⁵N) para leguminosas e plantas de referência crescidas em pomar sob manejo orgânico, e porcentagem de N₂ fixado biologicamente pelas leguminosas (FBN), determinados pelo método da abundância natural de ¹⁵N, na estação chuvosa, no município de Campos dos Goytacazes-RJ

Espécie	δ ¹⁵ N (‰)	N-FBN (%) ³
gliricídia	-0,20 ± 0,18 ¹	80 ± 7,29 a
referência	4,86 ± 0,28 ²	
crotalária	1,50 ± 0,37 ¹	64,5 ± 11,86 ab
referência	6,73 ± 0,51 ²	
feijão guandu	3,06 ± 0,35 ¹	45 ± 12,87 b
Referência	6,26 ± 0,43 ²	

¹ δ¹⁵N ± erro padrão, das leguminosas (n= 6)

² δ¹⁵N ± erro padrão, obtido de 4 espécies referência (n=4)

- Valor da discriminação isotópica de ¹⁵N no processo de FBN: -1,5 e -0,9 δ¹⁵N (‰) para gliricídia e feijão guandu, respectivamente (Boddey et al., 2000); -1,4 δ¹⁵N (‰) para crotalária (Okito et al., 2004)

³ Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem pelo intervalo de confiança, em 95% (n=6)

De fato, as maiores estimativas da fixação biológica de N₂ foram obtidas da gliricídia e da crotalária (Tabela 1.3). A dependência da gliricídia pelo N₂ do ar

foi de 80%, não diferindo da crotalária, que foi de 64,5%. Os valores médios estimados da FBN obtidos na gliricídia e na crotalária superaram o do feijão guandu em 35 e 19,5 pontos percentuais, respectivamente.

Deve-se salientar que o menor potencial do feijão guandu em fixar N_2 do ar (45 % do N acumulado na planta) pode estar relacionado ao desenvolvimento, uma vez que as plantas apresentaram crescimento reduzido e baixa produção de biomassa seca (Tabela 1.4). Em função da sensibilidade da espécie ao fotoperíodo, pode ser que, para as condições climáticas da região onde foi realizada este trabalho, a época de semeadura tenha sido feita tardiamente, acarretando na diminuição da fase vegetativa das plantas e, conseqüentemente, na baixa produção de biomassa. Na região de cerrado, Amabile et al. (2000) relataram uma acentuada redução de biomassa no feijão guandu e, também, nas crotalárias (*C. juncea* e *C. ochroleuca*), quando a semeadura foi realizada em períodos de dias curtos (em janeiro e em março), tendo sido afetado o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Estes autores associaram tais resultados à sensibilidade das espécies ao fotoperíodo.

Tabela 1.4: Produção de biomassa seca, N total e N derivado da fixação biológica (N-FBN) adicionados aos sistemas nos cortes da parte aérea da crotalária e do feijão guandu, no município de Campos dos Goytacazes-RJ

Sistema	Época de corte	Biomassa seca	N total	N-FBN
		kg ha ⁻¹		
frutíferas + crotalária	corte 1 - 74 dias após a semeadura	1703±361	55,5±11,74	36±7,6
	corte 2 - 54 dias após o 1 ^o corte	2884±498	94±16,20	60,5±10,5
Total dos dois cortes		3587	149,5	96,5
Frutíferas + feijão guandu	corte 1 - 81 dias após a semeadura	356±26,25	9,0±0,66	4±0,30

Intervalo de confiança para média, em 95%

Obs. O teor médio de N na biomassa seca da parte aérea de crotalária e feijão guandu foram 32,54 e 25,23 g kg⁻¹, respectivamente

Oliveira et al. (2006) relataram uma estimativa de FBN pelo guandu arbustivo, no sistema de aléias localizado na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, em torno de 45%, semelhante ao obtido neste trabalho e utilizando a

mesma metodologia. Segundo os autores, a FBN pôde contribuir com cerca de 72 kg de N ha⁻¹ do total de 159 kg de N ha⁻¹ aportados ao sistema através da poda dos arbustos. No presente trabalho, a FBN pelo feijão guandu contribuiu com apenas 4 kg de N ha⁻¹ do total de 9 kg de N ha⁻¹ aportados. Isto foi devido à baixa produção de biomassa seca obtida em um único corte (Tabela 1.4).

Estimativa superior de FBN pelo feijão guandu, também estimada pela técnica da abundância natural de ¹⁵N, foi observada em Seropédica-RJ por Moreira et al. (2003), que relataram que 59% do N presente na parte aérea do feijão guandu, em diferentes densidades de plantas, foi derivado da FBN. Segundo os autores, a competição decorrente do adensamento não afetou a proporção de N nas plantas derivada da FBN, cujo valor médio obtido com um corte foi de 124 kg ha⁻¹ de N, do total de 209,71 kg ha⁻¹ de N acumulado em 8 t ha⁻¹ de biomassa seca adicionada ao sistema.

No caso da crotalária, a estimativa do N derivado da FBN aqui obtida, de 64,5% (Tabela 1.3), contrasta mais ainda com resultados encontrados em outros trabalhos. Urquiaga e Zapata (2000b) observaram que 95% do N acumulado pela crotalária vieram da FBN, em ensaio no Estado do Rio e Janeiro. Também Resende et al. (2000) estimaram que a FBN pela *Crotalaria juncea* consorciada com a cultura da cana-de-açúcar, pela técnica da abundância natural de ¹⁵N, variou entre 61 e 81%.

Considerando-se a biomassa seca produzida nas duas leguminosas subarbusculares, usadas como adubos verdes, verifica-se que a FBN contribuiu com uma adição ao solo correspondente a 36 e 60,5 kg ha⁻¹ de N no primeiro e no segundo corte da crotalária, respectivamente, e a 4 kg ha⁻¹ de N no corte do feijão guandu. A maior acumulação de N da crotalária no segundo corte, é devida ao melhor desempenho no crescimento que partiu da rebrota das plantas. Por outro lado, o feijão guandu contribuiu pouco com a adubação, uma vez que a espécie apresentou baixa produção de biomassa seca (Tabela 1.4).

Dependendo da época de plantio e tempo entre a semeadura e o corte da crotalária, o benefício em termos de suprimento de N para o sistema pode ser bem diferente. Ao comparar os resultados da crotalária obtidos neste trabalho com os de Ricci et al. (2005), em um cultivo orgânico de café consorciado com *crotalária juncea*, em Valença-RJ, pode-se observar diferenças na produção de biomassa seca, no acúmulo de N e na estimativa da FBN. Ricci et al. (2005)

observaram que em dois cortes da crotalária, realizados aos 76 e 175 dias após o plantio (DAP), foram aportados ao sistema 16 t ha⁻¹ de biomassa seca e 444 kg ha⁻¹ de N. Estes valores são superiores aos obtidos no presente trabalho (Tabela 1.4), onde o intervalo de tempo entre a semeadura e os cortes, em especial o segundo corte, foi menor do que os de Ricci et al. (2005), de 74 e 128 DAP. Quanto maior o tempo entre semeadura e corte, geralmente, maior é o acúmulo de biomassa.

No mesmo trabalho citado acima, Ricci et al. (2005), ao estimarem a FBN pela crotalária, através do método da abundância natural, aos 173 DAP, observaram uma variação de 39 a 54% na contribuição da fixação biológica do N acumulado na leguminosa. Estes valores são inferiores ao obtido neste trabalho, que foi de 64,5%, estimado aos 74 DAP (Tabela 1.4). Ricci et al. (2005) relataram que a FBN pôde contribuir com mais de 200 kg ha⁻¹ de N do total de N acumulado no adubo verde, enquanto que neste trabalho a contribuição foi menor, de 96,5 kg ha⁻¹ de N. Também relataram que a crotalária permitiu que o teor de N acumulado no tecido foliar dos cafeeiros se mantivesse igual após um ciclo da cultura, o que não foi observado em cafeeiros sem a leguminosa.

No presente trabalho, o maior percentual de FBN estimado na gliricídia (Tabela 1.3) pode estar relacionado à competição dessa espécie com as frutíferas pelo N mineral do solo, em relação ao sistema com crotalária. De acordo com Peoples e Craswell (1992), diferenças na habilidade competitiva das culturas componentes do agrossistema pelo N do solo podem estimular a FBN em cultivos consorciados. Situação semelhante foi observada por Perin et al. (2004a), que relataram um potencial de FBN na crotalária isolada menor do que quando consorciada com milho, tendo observado que 57% e 61% do total de N acumulado pela crotalária isolada e consorciada, respectivamente, eram provenientes da FBN. Este fato foi associado à maior competição da gramínea pelo N mineral do solo, que estimulou maior fixação de N₂ do ar pela leguminosa.

No presente trabalho a estimativa de FBN pela gliricídia, avaliada na ocasião da primeira poda de 2006, foi extrapolada para as demais podas. Isto porque quase não houve alteração nas épocas de realização das podas, que ficaram concentradas no período de chuvas, entre novembro e janeiro (Tabela 1.5 e Figura 1.1). Além da frequência, a altura de poda das plantas foi a mesma em todas as podas.

Também as gliricídias apresentaram-se vigorosas, mantendo sua capacidade de rebrota após a poda e de produção de biomassa seca no decorrer do período de avaliação. No que se refere à FBN, Sanginga et al. (1994) relataram uma maior porcentagem de N derivado da FBN em gliricídia submetida ao manejo de poda do que em gliricídia não podada, tendo observado que 35% e 54% do seu N total eram derivados da FBN na gliricídia não podada e podada, respectivamente. Isto mostra que o manejo de poda pode estimular a FBN nas plantas.

Neste trabalho também foi considerado um mesmo valor de $\delta^{15}\text{N}$ tanto para os tecidos de ramos tenros + folhas quanto para os de ramos lignificados no cálculo da estimativa de FBN pela gliricídia. Boddey et al. (2000), em sua revisão de literatura sobre o uso da técnica da abundância natural de ^{15}N para quantificar a FBN em espécies arbóreas, citaram que nestas as variações dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre diferentes partes da planta podem ser frequentemente menor, em relação a espécies leguminosas anuais. Ladha et al. (1993), citado por boddey et al (2000), relataram que não houve diferenças na abundância de ^{15}N entre troncos, ramos e folhas da gliricídia.

Na tabela 1.5 constam os dados de biomassa seca e a quantidade de N total acumulada que foi aplicada ao solo, e a de N que foi derivada da FBN, expressos em kg ha^{-1} , em seis podas da gliricídia. A maior parte do N adicionado ao solo foi proveniente dos ramos tenros + folhas, uma vez que este componente, além de apresentar maior teor de N ($31,47 \text{ g kg}^{-1}$), em relação aos ramos lignificados ($11,76 \text{ g kg}^{-1}$), correspondeu também à maior proporção da parte aérea podada.

Em 2006, a quantidade total de N adicionada ao sistema em três podas foi de $56,57 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo que $45,25 \text{ kg ha}^{-1}$ foram derivados da fixação de N_2 do ar. Em 2007, a quantidade de N adicionada ao sistema com as três podas foi, aproximadamente, 42% maior do que em 2006. Do total de N adicionado ao solo, que foi de $80,4 \text{ kg ha}^{-1}$, $64,3 \text{ kg ha}^{-1}$ foram derivados da fixação biológica de N_2 , representando uma contribuição significativa de N para o sistema.

No Sri Lanka, Liyanage et al. (1994) avaliaram o potencial de FBN de três procedências de gliricídia, usando o método de diluição isotópica e ^{15}N . Verificaram que a estimativa média da porcentagem de N derivado da FBN nas três procedências de gliricídia foi de aproximadamente 55%, correspondendo a $34,6 \text{ g N árvore}^{-1}$ e a um acúmulo de 166 kg ha^{-1} de N (obtido de $5000 \text{ plantas ha}^{-1}$) em um intervalo de tempo de nove meses, dentro do qual a FBN foi avaliada.

Dakora e Keya (1997) listaram estimativas de N fixado em diversas leguminosas, dentre elas a gliricídia, no continente africano. Na Nigéria, os autores relataram uma estimativa de N fixado biologicamente na gliricídia de $108 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, valor este bem acima do observado no presente trabalho (Tabela 1.5)

Sanginga (2003) relata que a FBN em espécies arbóreas no sistema de aléias como *Acacia mangium*, *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* são capazes de contribuir para o sistema com cerca de $100 \text{ a } 300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N. Segundo Dakora e Keya (1997), as leguminosas arbóreas podem fixar em torno de $44 \text{ a } 581 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e são componentes importantes do sistema em aléias, por favorecerem a sustentabilidade do mesmo.

Na Tabela 1.6 consta a demanda por N pelas culturas da mangueira e da gravioleira, nas adubações do terceiro e do quarto ano após o plantio das frutíferas.

Tabela 1.6: Quantidade de N recomendada para a adubação da mangueira e gravioleira ($156 \text{ plantas ha}^{-1}$), conforme Magalhães e Borges (2000) e Manica (1994)

Ano de adubação	Mangueira ⁽¹⁾	Gravioleira ⁽²⁾
	N (kg ha^{-1})	
3 ^o ano pós-plantio	31,2	31,2
4 ^o ano pós-plantio	31,2	60,8

⁽¹⁾ Parcelamento da adubação da mangueira: 3^o ano- out/jan/março; 4^o ano- antes da floração/após o pegamento do fruto/após a colheita (Magalhães e Borges, 2000)

⁽²⁾ Parcelamento da adubação da gravioleira: 3^o ano- início e final do período de chuvas; 4^o ano- início, meio e final do período de chuvas (Manica, 1994)

Ao observar a quantidade de N adicionada ao solo que foi derivada da FBN pela crotalária e pelo feijão guandu no ano de 2005 (Tabela 1.4), e pela gliricídia nos anos de 2006 e 2007 (Tabela 1.5), períodos estes correspondentes

às adubações do terceiro e do quarto ano após o plantio das frutíferas, verifica-se que a quantidade de N fixado pela gliricídia e pela crotalária, estimada neste trabalho, é expressiva para a adubação tanto da mangueira quanto da gravioleira (Tabela 1.6). Isto é muito importante quando se considera um sistema de produção orgânica. A quantidade de N derivado da FBN adicionada ao solo nos anos de 2006 e 2007 pela gliricídia foi de cerca de 45 e 106 % acima do recomendado para a mangueira no terceiro e quarto ano, respectivamente. Na gravioleira, a quantidade foi superior, cerca de 45 e 6%.

O sistema de aléias com gliricídia e o consórcio com a crotalária podem proporcionar economia de fertilizante nitrogenado. O N derivado da FBN nestas duas leguminosas nos dois anos de avaliação é capaz de atender à demanda das frutíferas nas adubações de terceiro e quarto ano pós-plantio. Contudo, deve-se salientar que no sistema em aléias, o manejo de poda das gliricídias proporciona adubações parceladas para a cultura de interesse. Isto é uma vantagem em relação ao uso de adubos verdes de ciclo anual, como a crotalária. Estes podem adicionar ao solo grandes quantidades de nutrientes de uma só vez, ou em curto intervalo de tempo, como foi observado na adubação verde com crotalária, podendo acarretar perdas de nutrientes, especialmente de N.

Os resultados obtidos permitem inferir que a crotalária e a gliricídia para fins de adubação verde, na região de Campos dos Goytacazes-RJ, podem proporcionar contribuições expressivas no fornecimento de N, uma vez que estas espécies apresentaram alto potencial de produção de biomassa seca, rica em N, com alta proporção derivada da FBN (Tabelas 1.4 e 1.5). Contudo, avaliações futuras deverão ser realizadas para verificar se os consórcios irão afetar a produção de frutos de manga e de graviola.

3.2. Estimativa da transferência do nitrogênio fixado para as frutíferas

Os valores médios de $\delta^{15}\text{N}$ observados na mangueira com adubação verde não diferiram significativamente dos observados na mangueira testemunha (Tabela 1.7), sugerindo que a quantidade de N disponibilizada do material das leguminosas não foi suficiente para alterar sensivelmente a marcação de ^{15}N dos tecidos da mangueira.

Em um sistema agroflorestal com 16 anos, Daudin e Sierra (2008) usaram o método da abundância natural para estimar a transferência de N da gliricídia para uma gramínea associada (*Dichanthium aristatum* (Poir.) C.E. Hubb). Os autores relataram que antes da poda da árvore, o N total transferido da gliricídia foi de 57% do N absorvido pela gramínea, sendo que, 31% foram provenientes da FBN. Porém, a transferência de N não pode ser calculada depois da poda das árvores, devido à mudança no sinal isotópico de N do solo. Ainda, segundo estes autores, a gramínea mostrou uma absorção preferencial de N vindo da gliricídia, e tal fato foi relacionado ao baixo custo de energia para absorção deste N em relação ao N absorvido do solo argiloso.

Tabela 1.7: Valores de delta ^{15}N ($\delta^{15}\text{N}$) nas folhas da mangueira (com e sem adubação verde) e transferência de N derivado da fixação biológica (Ndfb) para a mangueira, determinados pelo método da abundância natural de ^{15}N e, teor foliar de N na mangueira em pomar orgânico, no município de Campos dos Goytacazes-RJ

Adubo verde	Dias após adubação verde	Mangueira				
		$\delta^{15}\text{N}$ (‰) ¹		Ndfb (%)	N foliar (%) ²	
		Consórcio	Testemunha		Consórcio	Testemunha
Gliricídia	35	6,01±0,49	5,00±0,08	-	1,05±0,21 a	0,98±0,09 a
	60	5,24±0,34	4,91±0,11	-	1,09±0,14 a	1,04±0,06 a
Crotalária	35	4,65±0,27 ^{ns}	4,91±0,11	5,06	1,13±0,07 a	1,04±0,06 a
feijão guandu	35	5,68±0,35	4,95±0,06	-	1,19±0,11 a	1,12±0,08 a

¹ $\delta^{15}\text{N}$ ± erro padrão (n=6)

^{ns} Médias de $\delta^{15}\text{N}$ não diferem entre si pelo teste t de Student, em 5%

² Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo intervalo de confiança, em 95% (n=6)

Os teores médios de N foliar nas mangueiras com e sem adubação verde não diferiram (Tabela 1.7), o que sugere que a quantidade de N transferida da leguminosa não foi significativa. Contudo, estes teores encontram-se dentro da faixa considerada média para a cultura (Magalhães e Borges, 2000), que é de 10 a 11,9 g kg⁻¹.

A transferência de N derivado da FBN pelas leguminosas para a gravioleira variou de 0 a 40 % (Tabela 1.8). Na adubação verde com gliricídia, avaliada aos 35 dias após a poda, e na adubação com feijão guandu, os valores médios de $\delta^{15}\text{N}$ observados na gravioleira não foram diferentes dos observados

na testemunha. A pequena quantidade de N deixada pelo guandu explica este resultado. Quanto à gliricídia, aos 35 dias após a poda, o valor médio de $\delta^{15}\text{N}$ foi maior na gravioleira com adubação verde do que na testemunha. Por outro lado, aos 60 dias após a poda, o valor médio de $\delta^{15}\text{N}$ foi significativamente menor do que na testemunha. Isto indica que houve transferência de N fixado pela gliricídia para esta frutífera. A estimativa da transferência de N derivado da FBN contido neste adubo verde para a gravioleira foi de 40%.

Tabela 1.8: Valores de delta ^{15}N ($\delta^{15}\text{N}$) nas folhas da gravioleira (com e sem adubação verde) e transferência de N derivado da fixação biológica (Ndfb) para a gravioleira, determinados pelo método da abundância natural de ^{15}N e, teor foliar de N na mangueira em pomar orgânico, no município de Campos dos Goytacazes-RJ

Adubo verde	Dias após adubação verde	Gravioleira				
		$\delta^{15}\text{N}$ (‰) ¹		Ndfb (%)	N foliar (%) ²	
		Consórcio	Testemunha		Consórcio	Testemunha
gliricídia	35	5,40±0,61	5,26±0,11	-	1,51±0,19 a	1,48±0,15 a
	60	3,80±0,60 *	5,64±0,09	40	2,42±0,31 a	2,13±0,26 a
crotalária	35	4,37±0,15 *	5,64±0,09	22,5	2,99±0,28 a	2,13±0,26 b
feijão guandu	35	6,09±0,28	5,54±0,14	-	2,18±0,18 ^a	1,82±0,21 a

¹ $\delta^{15}\text{N} \pm$ erro padrão (n=6)

* Médias de $\delta^{15}\text{N}$ diferem entre si pelo teste t de Student, em 5%

² Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo intervalo de confiança, em 95% (n=6)

A transferência de N para a gravioleira detectada apenas aos 60 dias após a poda da gliricídia, provavelmente está relacionada ao tempo necessário para a decomposição do material podado adicionado ao solo e, conseqüentemente, para a mineralização do N, nas condições edafoclimáticas do local. Foi observado que aos 60 dias após a poda, 60% do N contido nos resíduos de gliricídia havia sido liberado, enquanto que, aos 35 dias, havia ocorrido apenas 40% da liberação (Figura 2.4, do segundo capítulo). Assim, pode-se inferir que, na amostragem aos 60 dias, a quantidade de N disponibilizada dos resíduos de gliricídia foi suficiente para alterar a marcação de ^{15}N dos tecidos da gravioleira. Fatores do ambiente, como umidade e temperatura (Figura 1.1) podem não ter sido tão favoráveis à atuação dos microrganismos do solo, resultando em uma taxa de decomposição mais lenta dos resíduos ou pode ter ocorrido imobilização

do N pela biomassa microbiana, tornando mais lenta sua disponibilização para as frutíferas.

Também na avaliação das gravioleiras, os valores médios de $\delta^{15}\text{N}$ foram menores nas plantas com adubação verde com crotalária do que na testemunha. Foi estimada a transferência de 22,5% do N derivado da FBN pela crotalária para a gravioleira (Tabela 1.8). A transferência de N da crotalária, detectada 35 dias após o corte indica que os resíduos são de rápida decomposição, sendo o N liberado rapidamente e em uma quantidade suficiente para alterar a marcação de ^{15}N nos tecidos da gravioleira. No mesmo local e condições edafoclimáticas onde foi realizado este trabalho, Lamônica (2008) avaliou a decomposição de resíduos de crotalária, tendo verificado que aos 35 dias após o corte, cerca de 50% do N havia sido liberada.

Tanto a adubação verde com gliricídia quanto com crotalária contribuíram, substancialmente, na adição de N ao solo (Tabelas 1.4 e 1.5), sendo detectada maior transferência do N fixado biologicamente nas gravioleiras adubadas com gliricídia em relação às adubadas com crotalária (Tabela 1.8). Estes resultados estão relacionados, provavelmente, ao tempo decorrido entre a decomposição dos resíduos e a época de avaliação da transferência de N dos adubos verdes.

Os teores médios de N nas folhas de gravioleiras adubadas com crotalária foram maiores que o da testemunha (Tabela 1.8), sendo também considerado adequado para a cultura, de acordo com a faixa de teores descrita por Manica (1994), que é de 24,9 a 28,4 g kg⁻¹. Nos demais sistemas, os teores estão um pouco abaixo do considerado adequado.

Assim, as variações na abundância natural de ^{15}N nas folhas da gravioleira indicam que a adubação verde com gliricídia e crotalária foi importante no fornecimento de N para essa cultura.

Castro et al. (2004), ao avaliarem, através da técnica de abundância natural de ^{15}N , a transferência de N fixado biologicamente para a cultura da beringela, constataram, aproximadamente, 50% de FBN pela crotalária, cujo valor é inferior ao obtido no presente trabalho (64,5%), e que a beringela se beneficiou do N proveniente da fixação biológica com a adubação verde em pré-cultivo e em consórcio. Verificaram ainda que a quantidade de N derivada da fixação biológica foi suficiente para compensar o N exportado pela colheita de frutos.

Por outro lado, Perin et al. (2004b) utilizando também esta técnica, para avaliar o efeito residual de crotalária e milho como adubos verdes sobre a cultura do brócolis, cultivada em sucessão ao milho, na presença e ausência de adubação nitrogenada (150 kg ha^{-1} de N), verificaram que a quantidade de N fixado biologicamente pela crotalária e transferida para diferentes partes do brócolis foi baixa, devido ao efeito da adubação verde a longo prazo ter sido suprimido pelo cultivo do milho.

Em Seropédica-RJ, em uma pastagem arborizada com leguminosas, Dias et al. (2007) relataram uma variação na transferência de N derivado da FBN pelas árvores para a gramínea de 0 a 37,7%. Esta variação foi dependente da espécie leguminosa e da distância da área amostrada da pastagem em relação ao tronco da árvore.

4. CONCLUSÕES

A gliricídia e a crotalária apresentaram grande potencial em suprir N em pomares de mangueira e gravioleira, no município de Campos dos Goytacazes, tendo a gliricídia apresentado o maior potencial de FBN.

A FBN pela gliricídia e pela crotalária, aliada à produção de biomassa adicionou ao solo uma quantidade de N superior à demandada pelas culturas da mangueira e da gravioleira.

As variações na abundância natural de ^{15}N nas folhas das frutíferas indicaram que a adubação verde com gliricídia e crotalária foi importante no fornecimento de N para a gravioleiras, transferindo para essa frutífera, em diferentes proporções, o N fixado biologicamente. Não foi detectada transferência para as mangueiras.

A adubação verde com gliricídia é mais vantajosa para a adubação nitrogenada do pomar em relação à com crotalária, devido à possibilidade do N ser fornecido ao sistema de forma parcelada, possibilitando melhor aproveitamento pelas frutíferas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M. (2002) *Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável*. Guaíba: Agropecuária, 592p.
- Amabile, R.F.; Fancelli, A.L.; Carvalho, A.M. (2000) Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.35, n.1, p.47-54.
- Anderson, J.D.; Ingram, J.S.I. (1996) *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2. ed. Wallingford: UK CAB International, 171p.
- Boddey, R.M.; Peoples, M.B.; Palmer, B.; Dart, P.J. (2000) Use of the ^{15}N natural abundance technique to quantify biological nitrogen fixation by woody perennials. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 57, 235–270.
- Castro, C.M.; Alves, B.J.R.; Almeida, D.L.; Ribeiro, R.L.D. (2004) Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.39, n.8, p.779-785.
- Cochran, W. G. (1955) *Técnicas de amostragem*. Rio de Janeiro. Fundo de Cultura, 555p.
- Costa, G.S.; Espindola, J.A.A.; Barroso, D.G.; Thomé, M.P.; Souza, C.L.M.; Paulino, G. M.; Ribeiro, G.; Barreto, A.J.R., Silva Jorge, M.E. (2004a) Manejo do solo para produção orgânica de gravioleira e mangueira no Norte Fluminense. In: XVIII Congresso Brasileiro de Fruticultura. Florianópolis-SC. *Anais*. (CD-ROM)
- Dakora, F.D; Keya, S.O. (1997) Nitrogen fixation in sustainable agriculture: The African experience. *Soil Biol. Biochem.*, v.29 (5/6), p.809-818.
- Daudin, D.; Sierra, J. (2008) Spatial and temporal variation of below-ground N transfer from a leguminous tree to an associated grass in an agroforestry system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 126:275–280.
- Dias, P.F.; Souto, S.M.; Resende, A.S.; Urquiaga, S.; Rocha, G.P.; Moreira, J.F.; Franco, A.A. (2007) Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim *Survenola* crescido em consórcio. *Ciência Rural*, v.37, n.2, p.352-356.
- Embrapa (1997) *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: CNPS, 212p.
- Gibson, A.H.; Dreyfus, B.L.; Dommergues, Y.R. (1982) Nitrogen fixation by legumes in the tropics. In: Dommergues, Y.R.; Diem, H.G. (Eds). *Developments in plant on soil sciences-V.5: microbiology of tropical soil and plant productivity*. Martinus Nijhoff/ Dr W. Junk publisher, the Hague/ Boston/ London, p.37-71.
- Lamônica, K.R. Benefícios da crotalária na nutrição e crescimento de mangueira, gravioleira e neem e nas alterações de características do solo em sistemas

agroflorestais. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF.

Liyanage, M.S.; Danso, S.K.A.; Jayasundara, H.P.S. (1994) Biological nitrogen fixation in four *Gliricidia sepium* genotypes. *Plant and Soil*, v.161, n.2, p.267-274.

Magalhães, A.F.J.; Borges, A.L. (2000) Calagem e adubação. In: MATOS, A.P. (org). *Manga: produção – Aspectos técnicos*. Embrapa mandioca e fruticultura, p.35-44. (Comunicação para transferência de tecnologia).

Manica, I. (1994) *Fruticultura – Cultivo das anonáceas: ata, cherimólia e graviola*. Porto Alegre, Evangraf, 117p.

Miranda, C.H.B; Vieira, A.; Cadisch, G. (2003) Determinação da fixação biológica de nitrogênio no amendoim forrageiro (*Arachis spp*) por intermédio da abundância natural de ^{15}N . *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, n.6, suppl.2.

Moreira, V.F.; Pereira, A.J.; Guerra, J.G.M.; Guedes, R.E.; Costa, J.R. (2003) Produção de biomassa de guandu em função de diferentes densidades e espaçamentos entre sulcos de plantio. Seropédica-RJ, Embrapa-Agrobiologia, *Comunicado Técnico*, n.57, 5p.

Okito, A.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S.; Boddey, R.M. (2004) Isotopic fractionation during N_2 fixation by four tropical legumes. *Soil Biol. Biochem.*, 36, 1179-1190.

Oliveira, F.L.; Guerra, J.G.M.; Junqueira, R.M.; Silva, E.E.; Oliveira, F.F.; Espindola J.A.A.; Almeida, D.L.; Ribeiro, R.L.D.; Urquiaga, S. (2006) Crescimento e produtividade do inhame cultivado entre faixas de guandu em sistema orgânico. *Hortic. Brasileira*, v.24, n.1, p.53-58.

Peoples, M.B.; Craswell, E.T. (1992) Biological nitrogen fixation: Investments, expectations and actual contributions to agriculture. *Plant and Soil*, v.141, p.13-39.

Perin, A.; Santos, R.H.S.; Urquiaga, S.; Guerra, J.G.M.; Cecon, P.R. (2004a) Produção de biomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.39, n.1.

Perin, A.; Santos, R.H.S.; Urquiaga, S.; Guerra, J.G.M.; Cecon, P.R. (2004b) Efeito residual da adubação verde no rendimento do brócolo (*Brassica oleraceae* L. var. *Itálica*) cultivado em sucessão ao milho (*Zea Mays* L.). *Ciência Rural*, v.34, n.6, p.1739-1745.

Pinto, A.C.Q.; Silva, E.M.; Ramos, V.H.V.; Rodrigues, A.A. (2001) Tratos culturais. In: Oliveira, M.A.S (Ed) *Graviola: produção – Aspectos técnicos*. Embrapa Cerrados, p.26-33. (Embrapa informação tecnológica).

Radersma, S.; Grierson, P.F. (2004) Phosphorus mobilization in agroforestry: organic anions, phosphatase activity and phosphorus fractions in the rhizosphere. *Plant and Soil*, v.259, n.1-2, p.209-219.

Resende, A. S. (2000) *A fixação biológica de nitrogênio (FBN) como suporte da fertilidade nitrogenada dos solos e da produtividade da cultura de cana-de-açúcar: uso de adubos verdes*. Dissertação (Mestrado) – Seropédica – RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 120 p.

Ricci, M.S.F.; Alves, B.J.R.; Miranda, S.C.; Oliveira, F.F. (2005) Growth rate and nutritional status of an organic coffee cropping system. *Scientia Agricola*, v.62, n.2, p.138-144.

Sanginga, S.; Danso, S.K.A.; Zapata, F.; Bowen, D.G. (1994) Influence of pruning management on P and N distribution and use efficiency by N₂ fixing and non-N₂ fixing trees used in alley cropping systems. *Plant and Soil*, v.167, n.2. p.219-226.

Sanginga, N. (2003) Role of biological nitrogen fixation in legume based cropping systems; a case study of West Africa farming systems. *Plant and Soil*, 252: 25–39.

Shearer, G.; Kohl, D.H. (1986) N₂-fixation in field settings: estimations based on natural ¹⁵N abundance. *Australian Journal of Plant Physiology*, v.13, p.699-756.

Shearer, G.; Kohl, D.H. (1988) Natural ¹⁵N-abundance as a method of estimating the contribution of biologically fixed nitrogen to N₂-fixing systems: potential for non-legumes. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.110, p.317-327.

Urquiaga, S.; Zapata, F. (2000b) Fuentes alternativas para la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. In: Urquiaga, S.; Zapata, F. (Eds). *Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe*. Porto Alegre-Rio Grande do Sul-Brasil: Ed. Gênese, p.57-76.

GLIRICÍDIA NO SISTEMA DE ALÉIAS EM POMAR ORGÂNICO DE MANGUEIRA E GRAVIOLEIRA

RESUMO

A gliricídia apresenta bom potencial de uso como adubo verde, contudo, informações sobre seu uso e desempenho no cultivo em aléias em pomares são escassas. Os objetivos do trabalho foram avaliar, em um pomar orgânico de mangueira e gravioleira, a sobrevivência e o potencial da gliricídia no cultivo em aléias, quanto à produção de biomassa seca, ao fornecimento de nutrientes ao sistema e à dinâmica de decomposição dos resíduos de poda (método *litterbags*), monitorada ao longo de 150 dias. O experimento consistiu no estabelecimento de um sistema em aléias de gliricídia, no espaçamento 4 x 4m, visando avaliar o desempenho dessa leguminosa para fins de adubação verde do pomar orgânico de mangueira e gravioleira de um ano, no município de Campos dos Goytacazes-RJ. A gliricídia apresentou elevada sobrevivência (93%), boa produção de biomassa seca e fornecimento de nutriente, com potencial de uso contínuo no sistema. Foi observada maior produção no segundo ano de avaliação (2007) do que no primeiro ano (2006), ambos com três podas anuais. A quantidade de N adicionada ao pomar com as podas da gliricídia foi maior que a adubação recomendada para mangueira e gravioleira. Por outro lado, a quantidade de P e K adicionada ao pomar não foi suficiente para suprir a adubação demandada para ambas as culturas. O crescimento e desenvolvimento da gliricídia permitiram que

o regime de podas se adequasse às épocas recomendadas para a adubação da gravioleira. Ao relacionar a época de poda, aliada à rápida decomposição dos resíduos e liberação de nutrientes, com a época recomendada para a adubação das frutíferas, pode-se inferir que a adubação verde contribuiu de forma mais significativa na nutrição da gravioleira.

Termos de indexação: Adubação verde, decomposição, *Gliricidia sepium*, *Mangifera indica*, *Annona muricata*.

GLIRICIDIA IN THE ALLEY CROPPING SYSTEM IN A MANGO AND SOURSOP ORGANIC ORCHARD

ABSTRACT

Gliricidia has a potential use as green fertilizer, however, information about its performance in alley systems in orchards are rare. The objective of this work was to evaluate the survivorship and the potential of *gliricidia* for dry biomass production, nutrient supplementation to the system and dynamics of the prune residual decomposition (*litterbags* method), under alley cropping, in a mango and soursop organic orchard evaluated during a period of 150 days. The experiment consisted in the establishment of *gliricidia* plants in a alley system, with 4 x 4m spacing, in order to evaluate the performance of this leguminous species for green fertilization purposes, in a one year old organic orchard of mango and soursop, located in Campos dos Goytacazes-RJ, Brazil. *Gliricidia* showed high survivorship rates (93 %), good dry biomass production and nutrient supplying, with potential for a continued use in the system. During the second year of evaluation (2007), a higher production was observed in relation to the first year (2006), both with three annual prunes. The quantity of N added to the orchard with *gliricidia* prunes was higher than the recommended fertilization for mango and soursop plots. On the other hand, quantities of P and K added to the orchard were not enough to supply the fertilization demand of both cultures. The growth and

development of gliricidia allowed the prune schedule to fit with the recommended periods for soursop fertilization. When fitting the pruning period, allied to the rapid residual decomposition and liberation of nutrients, with the recommended period for fertilization of the fruit crops, it is possible to conclude that green fertilization with gliricidia contributed in a significant manner to soursop nutrition.

Key words: Green fertilization, Alley cropping, decomposition, *Gliricidia sepium*, *Mangifera indica*, *Annona muricata*.

1. INTRODUÇÃO

A adubação verde é uma das práticas de manejo empregadas na agricultura que resulta na adição de matéria orgânica do solo (MOS), propiciando vantagens como a recuperação e, ou melhoria da atividade biológica do solo e da ciclagem de nutrientes em um agroecossistema. Além disso, contribui com o incremento do C orgânico e com a disponibilidade de nutrientes do solo, traz efeitos positivos sobre a agregação, a infiltração e retenção de água, a aeração, a proteção e a CTC do solo.

O sistema de cultivo em aléias é um modelo de sistema agroflorestal, que consiste no estabelecimento de espécies arbóreas ou arbustivas, geralmente leguminosas, em fileiras espaçadas o suficiente entre si, permitindo o cultivo de outras culturas agrícolas entre as fileiras das árvores (Kang, 1997). O manejo de podas periódicas das árvores ou arbustos resulta na adubação verde do sistema.

A adoção desses sistemas com leguminosas em pomares, conduzidos organicamente ou não, é uma estratégia que pode aumentar a eficiência de produção em função dos efeitos sobre a fertilidade do solo e nutrição das frutíferas, reduzindo os gastos com a aquisição de insumos. Esta técnica de cultivo pode ainda auxiliar no controle da vegetação espontânea, de pragas e doenças, contribuindo para o manejo ecológico do pomar.

O manejo orgânico do suprimento de nutrientes para as plantas é mais complexo que o fornecimento de nutrientes por meio de fertilizantes minerais. O conhecimento da decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos orgânicos

pode ajudar na busca de manejo da matéria orgânica (MO), para otimizar, a curto e a longo prazos, a disponibilidade de nutrientes para as culturas e a manutenção da MOS e, assim, obter eficiência na adubação verde.

A sincronia entre a liberação de nutrientes contidos nos resíduos vegetais com a demanda por nutrientes pela cultura de interesse é ponto chave para obter o máximo de benefícios com a adubação verde (Espindola et al., 2004). Assim, conhecer a taxa de decomposição dos resíduos e de liberação de nutrientes, com base na sua qualidade nutricional, pode auxiliar na adoção de um sistema de manejo das culturas que torne possível atingir esta sincronia e minimizar as perdas de nutrientes no sistema (Mafongoya et al., 1998a, Mafongoya et al., 1998b). Características relacionadas à qualidade dos resíduos vegetais como relação C/N, conteúdo de lignina e polifenóis poderão ser usadas como meio para conhecer a taxa de decomposição dos resíduos orgânicos no tempo (Tian et al., 1995) e, assim, avaliar os efeitos desse resíduos no desempenho da cultura de interesse econômico.

Apesar de existir grande número de espécies leguminosas com potencial para compor os sistemas em aléias, são poucas as espécies testadas (Kang et al., 1997). A gliricídia tem apresentando grande potencial, por ser uma leguminosa arbórea de uso múltiplo, com alta produção de biomassa e com boa adaptação a diferentes zonas ecológicas (Baggio, 1984, Barreto et al., 2004).

Porém, informações relacionadas a consórcio entre frutíferas e espécies usadas como adubo verde, principalmente de porte arbóreo, são ainda bastante escassas na literatura. Sendo então, importante a condução de estudos visando avaliar o desempenho e comportamento das espécies e suas interações.

Considerando as características da *Gliricidia sepium*, como seu rápido desenvolvimento e possibilidade de aporte de nutrientes ao sistema, espera-se que sua utilização em aléias, seja benéfica na complementação da adubação em pomar orgânico de mangueira e gravioleira.

O estudo teve como objetivos avaliar o desempenho da gliricídia no cultivo em aléias, em um pomar orgânico de mangueira e de gravioleira, no município de Campos dos Goytacazes-RJ, quanto à sobrevivência, à dinâmica de decomposição sob o sistema de podas, à produção de biomassa seca e ao fornecimento de nutrientes para o sistema.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Esta pesquisa foi realizada na mesma área de estudo descrita no primeiro capítulo, item 2.1.

2.2. Condução do experimento

2.2.1. Estabelecimento do sistema de cultivo no pomar

Foi avaliado um plantio em aléias de gliricídia, estabelecido dentro do pomar orgânico de mangueira e gravioleira. Para isto, foi delimitada uma área de 4608 m² do pomar para a implantação das aléias. Posteriormente, esta área foi subdividida em nove unidades amostrais de 512 m², das quais seis foram selecionadas, ao acaso, onde foram realizadas as amostragens e avaliações, em diferentes períodos. As seis unidades amostrais foram consideradas como repetições experimentais (n=6).

Cada unidade amostral continha quatro mangueiras e quatro gravioleiras e foram plantadas 32 mudas de gliricídia, cujo plantio foi realizado em novembro de 2004, aproximadamente, um ano após o estabelecimento do pomar.

As mudas de gliricídia foram produzidas a partir de estacas, com cerca de 60 cm de comprimento e diâmetro variando entre 2,5 – 4,5 cm, fornecidas pela Embrapa Agrobiologia, RJ. Foram plantadas em covas de 40x40x40 cm, adubadas com 5L de composto orgânico (casca de eucalipto e farinha de carne e ossos), distanciadas a 2 m das linhas das frutíferas e no espaçamento de 4 x 4 m entre plantas de gliricídia, constituindo um sistema de aléias, conforme (Figura 1.3). Cada frutífera foi circundada por quatro plantas de gliricídia, cuja finalidade foi a adubação verde das frutíferas através de podas periódicas das gliricídias.

2.3. Coletas de campo e análises de laboratório

2.3.1. Avaliação da sobrevivência da gliricídia

A avaliação da sobrevivência da gliricídia foi realizada seis meses após o plantio, e todas as plantas nas seis unidades amostrais avaliadas.

2.3.2. Estimativa da produção, da qualidade da biomassa podada e da adição de nutrientes ao solo

A gliricídia foi mantida sob podas freqüentes, sendo o procedimento adotado sempre que as plantas atingiam uma altura de 2,15 m, aproximadamente. A altura de corte foi de 1m, aproximadamente, e o material podado foi distribuído em torno da área sob a copa das frutíferas. Em dois anos de avaliação, as plantas foram submetidas a sete podas (junho de 2005, janeiro, março e novembro de 2006, janeiro, abril e novembro de 2007). Em todas as podas, quantificou-se a biomassa podada, de cada planta, nas seis unidades amostrais. A parte aérea podada foi separada em folhas + ramos tenros (diâmetro $\leq 0,9$ cm) e ramos lignificados (diâmetro $> 0,9$ cm), que foram pesados para a estimativa da biomassa fresca. Retiraram-se seis amostras de cada componente podado, que foram pesadas no campo e levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65°C, por 72 h. Após secagem o material foi pesado para a estimativa da biomassa seca.

Em três podas, foram determinados os teores de nutrientes contidos nos resíduos. Para isto, após secagem das amostras em estufa, procedeu-se a moagem em moinho tipo *Wiley*, com peneira de 20 meshes. Pequenas porções das amostras moídas foram submetidas às digestões nitro-perclórica e sulfúrica (Malavolta et al., 1997). Sendo, determinados os teores de Ca e Mg (espectrofotometria de absorção atômica) e S (turbidimetria de sulfatos), após digestão nitro-perclórica. O P foi determinado pelo método da vitamina C (Braga e Defelipo, 1974) e o K por espectrofotometria de chama, após digestão sulfúrica. O N total foi determinado pela digestão Kjeldahl e o C total por oxidação com $K_2Cr_2O_7$ em meio ácido (Anderson e Ingram, 1996).

O teor nutricional dos resíduos de poda considerado no trabalho foi obtido pela média dos resíduos das três podas que foram submetidas à análise (n=18). A quantidade de nutriente contida nos resíduos que foi adicionada ao solo foi obtida pelo produto da biomassa seca obtida em cada poda com o teor médio dos nutrientes.

2.3.3. Velocidade de decomposição de resíduo de poda da gliricídia

Na ocasião da segunda poda (janeiro/2006 - época de verão), aos 13 meses após o plantio, foram determinadas, pelo método de *litterbags* (Anderson e Ingram, 1996), a velocidade de decomposição e a liberação de nutrientes contidos nos resíduos podados (ramos tenros com as folhas). Estes ramos foram retirados nas extremidades dos galhos, a 30 cm, aproximadamente. Os sacos foram confeccionados com tela (polietileno), nas dimensões de 35 x 28 cm e malha de 1 mm, a qual permite a entrada de organismos da microfauna e parte da mesofauna. Estes sacos receberam 50g do material fresco recém-podado, equivalente a 14,44g de biomassa seca. Os sacos foram grampeados na abertura e colocados no meio do material de poda disposto na área sob a copa das frutíferas, e avaliados ao longo de um período de 150 dias.

A decomposição dos resíduos vegetais e a liberação de nutrientes foram monitoradas mediante coletas realizadas na ocasião da poda e aos 3, 6, 10, 15, 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a poda (seis repetições). Após a coleta, o material remanescente nos sacos foi limpo para retirada de terra, raízes e animais e seco em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, por 72h, para posterior pesagem e obtenção da biomassa seca remanescente, sendo então, moído em moinho tipo *Wiley*, com peneira de 20 meshes.

Nas amostras moídas foram determinados os teores de N total, P, K, Ca, Mg, S e C total, cuja metodologia é a mesma descrita acima (no item 2.3.2). O procedimento para as análises de lignina e celulose baseou-se no método do fracionamento das fibras em detergente ácido (FDA), conforme Van Soest e Wine (1968) e Rowland e Roberts (1994).

Os dados referentes à perda de massa e à liberação de nutrientes foram ajustados a modelos de decaimento, escrito por uma equação exponencial simples (Olson, 1963). Este mesmo procedimento foi adotado por Espindola et al. (2006b):

$$X_t = X_0 e^{-kt}$$

Onde, X_t é a quantidade de biomassa seca ou nutriente remanescente após um período de tempo t (em dias); X_0 é a quantidade de biomassa seca ou nutriente inicial; k é a constante de decomposição.

Outra característica importante na avaliação da decomposição dos resíduos discutida foi o tempo de meia-vida ($t_{1/2}$), que pode ser obtido pela equação:

$$t_{1/2} = \ln(2) / k$$

Essa equação expressa o período de tempo necessário para que metade dos resíduos se decomponha ou para que metade dos nutrientes contidos nesses resíduos seja liberada. O valor K é a constante de decomposição obtida no ajuste do modelo matemático, descrito anteriormente.

2.4. Análise dos dados

Para comparação das médias referentes à produção de biomassa, teor e acúmulo de nutrientes nos resíduos, foram estabelecidos intervalos de confiança (Cochran, 1955), considerando-se o nível de significância de 5%, admitindo-se uma amostragem representativa da população.

Os dados de decomposição dos resíduos e a liberação de nutrientes foram submetidos à análise de regressão e ajustados ao modelo matemático descrito. As equações matemáticas e os gráficos foram obtidos por meio do software SigmaPlot, versão 7.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Sobrevivência da gliricídia

A sobrevivência da gliricídia foi de 93%. Isto mostra o bom estabelecimento das mudas, em estaca, no campo quando as condições climáticas apresentam precipitação e temperaturas mais elevadas, como mostra a Figura 1.1. O plantio, realizado no fim de novembro de 2004, foi favorecido com o início do período chuvoso, que perdurou até janeiro de 2005. Além disso, a espécie tem como característica boa resistência à restrição hídrica, favorecendo seu estabelecimento no campo (Barreto et al., 2004). Entretanto, na mesma

região deste trabalho, Costa et al. (2004b) obtiveram um percentual de sobrevivência da gliricídia, propagadas por estacas, de 70%, o que associaram ao prolongado período com poucas chuvas e altas temperaturas após o plantio, feito em janeiro de 2003.

3.2. Estimativa da biomassa seca, teor e deposição de nutrientes ao solo

A produção de biomassa diferiu entre as podas (Tabela 2.1), destacando-se a quinta poda, com a maior quantidade de material. Isto está relacionado às chuvas elevadas que ocorreram no fim de 2006 e janeiro de 2007 (Figura 1.1), que favoreceu a rebrota e o crescimento das plantas.

A primeira poda das aléias de gliricídia, realizada aos 6,5 meses após o plantio, resultou em baixa produção de biomassa (Tabela 2.1) e conseqüentemente, baixa adição de nutrientes ao solo, devido ao curto intervalo de tempo para o crescimento das plantas. Porém, esta poda permitiu uma melhor uniformidade do estande para as posteriores avaliações.

Nas demais podas foram obtidas elevadas quantidades de biomassa seca (Tabela 2.1). As maiores produções de biomassa seca obtidas nos meses de novembro e janeiro podem estar relacionadas com as variáveis climáticas, uma vez que coincidiram com o período de maiores precipitações pluviométricas e temperaturas da região (Figura 1.1). Isto favoreceu a rebrota e o crescimento das plantas e refletiu no regime de podas, que ficou concentrado no período chuvoso. Pode-se observar que na quinta poda, seguida pela quarta, foram obtidas as maiores produções de biomassa em relação às demais podas. A explicação para isso é o período de elevadas precipitações que ocorreram entre novembro de 2006 e janeiro de 2007.

A quantidade de biomassa proveniente de ramos tenros + folhas foram maiores do que a biomassa de ramos lignificados, em uma proporção média de 60% e 40%, respectivamente. A relação ramo tenro/ramo lignificado é importante, pois o primeiro, geralmente, apresenta teores mais elevados de nutrientes e é de mais fácil decomposição em relação ao segundo. Isto resulta na disponibilização de maiores quantidades de nutrientes, de forma mais rápida. Por outro lado, os ramos lignificados, que são de lenta decomposição e liberação mais lenta de

nutrientes, podem contribuir para elevar o conteúdo de carbono orgânico no solo e proteção superficial do mesmo.

Tabela 2.1: Produção de biomassa seca de gliricídia, consorciada com frutíferas, e com densidade de 625 plantas ha⁻¹, sob um regime de sete podas, no município de Campos dos Goytacazes-RJ

Poda	Época *	Biomassa seca (kg ha ⁻¹)		Relação RT/RL **
		Ramos tenros + folhas	Ramos lignificados	
1	6,5 meses - 06/2005	47±8 e	29±4 d	1,62
2	13,5 meses - 01/2006	416±27 d	306±50 c	1,36
3	16 meses – 03/2006	377±46 d	293±38 c	1,29
4	23,5 meses - 11/2006	624±61 b	420±60 b	1,48
Total em 2006 (kg ha⁻¹ ano⁻¹)		2436		
5	26,5 meses - 01/2007	1092±159 a	634±127 a	1,72
6	29 meses – 04/2007	469±86 cd	308±30 c	1,52
7	35 meses – 11/2007	497±70 bc	389±48 bc	1,28
Total em 2007 (kg ha⁻¹ ano⁻¹)		3389		

* Meses após o plantio da gliricídia

** Relação ramo tenro/ramo legnificado

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na mesma coluna não diferem pelo intervalo de confiança, em 95%

A espécie mostrou-se vigorosa, com elevado potencial de rebrota, apresentando excelente desempenho para integrar cultivos em aléias e para fins de adubação verde. Estes resultados estão de acordo com os estudos de Barreto et al. (2004), que relataram que a gliricídia tem demonstrado grande adaptabilidade a regiões de solos de tabuleiros costeiros, apresentando desenvolvimento vegetativo vigoroso, sem ocorrência de problemas fitossanitários e com alta capacidade de melhorar a fertilidade do solo.

O regime de podas pelo qual as plantas foram submetidas resultou em três podas por ano (Tabela 2.1). De acordo com Barreto et al. (2004), geralmente, em torno de quatro meses após algum corte, as plantas de gliricídia recompõem toda parte aérea, possibilitando a realização de três podas por ano,

proporcionando uma produção média de 4,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ de biomassa seca, provenientes de folhas e ramos com diâmetro menor que 1cm, e obtida de um cultivo estabelecido no espaçamento de 5 a 6 m entre fileiras, com o plantio de duas estacas por cova, espaçadas de 0,5m.

A produção anual de biomassa seca da gliricídia em 2006 (Tabela 2.1), de 2436 kg ha⁻¹ ano⁻¹, foi semelhante à obtida por Mafra et al. (1998), em aléias de leucena, que foi de 2.398 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Em 2007, a produção de biomassa seca foi superior, resultando em 3389 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Isto corresponde a um aumento em torno de 40%. Estes resultados sugerem bom estabelecimento da espécie na área. De acordo com Young (1991), o sistema radicular das árvores pode alcançar elevadas profundidades no solo, com capacidade de absorver água e extrair elementos minerais destas camadas mais profundas, proporcionando maior reciclagem e redistribuição de nutrientes. Outro fator que pode ter contribuído é a ocorrência de mais chuvas no início de 2007 (Figura 1.1).

Queiroz et al. (2007), trabalhando na mesma região deste trabalho, avaliaram por dois anos a produtividade de biomassa seca da parte aérea (ramos < que 1,5 cm de diâmetro) da gliricídia em sistema de aléias, plantadas em estacas de 40 cm de comprimento, no espaçamento de 5,6 x 0,5 m, submetidas a duas podas por ano, e o efeito da adubação fosfatada sobre a leguminosa. Os autores verificaram no primeiro ano de avaliação que a produtividade foi de 360 kg ha⁻¹ e de 528 kg ha⁻¹, sem e com a adubação fosfatada, respectivamente. Já no segundo ano de avaliação, a produtividade foi de 2386 kg ha⁻¹ e de 2856 kg ha⁻¹, sem e com adubação, respectivamente, semelhante ao obtido no presente trabalho no ano de 2006 (2436 kg ha⁻¹) e inferior à produção de 2007 (3389 kg ha⁻¹), mesmo usando maior densidade de plantas.

Comparando-se a produção anual de biomassa seca obtida neste trabalho com aquela apresentada por Queiroz et al. (2007), pode-se inferir que, para as condições edáficas do local onde foi realizado este trabalho, houve efeito da adubação orgânica realizada no plantio da gliricídia, favorecendo o estabelecimento das plantas na área e sua capacidade de acumular biomassa e nutrientes.

Em solos de tabuleiros costeiros no Sergipe, Barreto e Fernandes (2001) avaliaram, por quatro anos, a produtividade de biomassa seca da parte aérea de gliricídia no cultivo em aléias, estabelecidas no espaçamento de 3 m entre as

linhas e 1 m entre as covas e com duas estacas por cova, sob o manejo de poda. Os autores observaram que a produtividade média anual foi de $5,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com realização de duas ou três podas por ano. Este resultado é superior à biomassa seca produzida anualmente no presente trabalho, em função da diferente densidade de plantio ($4 \times 4 \text{ m}$), submetidas a um regime de três podas anuais e avaliadas por dois anos.

Em Rondônia, Corrêa et al. (2006) relataram que a gliricídia consorciada com cacauzeiros é uma opção para o sombreamento desta cultura na região. Além do efeito de sombra, ela proporcionou boa produção de biomassa, depositando naturalmente no solo $3,43 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Este valor é semelhante ao obtido com as podas da gliricídia no decorrer do ano de 2007, que foi de $3,39 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Tabela 2.1).

Em relação à composição química dos resíduos vegetais da parte aérea da gliricídia, foi observado que a espécie produz um adubo verde de boa qualidade, podendo acumular boa quantidade de nutrientes de baixa relação C/N, especialmente nas partes mais tenras ou menos lignificadas (Tabela 2.2).

Os teores médios de nutrientes obtidos neste trabalho são superiores aos obtidos por Barreto e Fernandes (2001), com exceções para o K e o S. Estes autores relataram teores de N, P, K, Ca, Mg e S em ramos de gliricídia com diâmetro menores que 1cm de: 27,3; 1,7; 15,6; 10,7; 6,6 e 2,9 g kg^{-1} , respectivamente. Por outro lado, Queiroz et al. (2007) obtiveram teores médios de N, P, K na biomassa seca da parte aérea de gliricídia (ramos mais grossos foram descartados) de 31,4; 1,7 e 12 g kg^{-1} , respectivamente. Henriksen et al. (2002) obtiveram em resíduos foliares podados da gliricídia teores médios de N e P de 43,1 e 2,4 g kg^{-1} , respectivamente.

Silva et al. (2006b), avaliando folhas de gliricídia, em um sistema agroflorestal em Seropédica/RJ obtiveram 426,9 g kg^{-1} de C, 38,5 g kg^{-1} de N e 11,09 de relação C/N. O teor de C obtido nos ramos tenros + folhas deste trabalho foi semelhante ao obtido por Silva et al. (2006b), enquanto que o de N foi inferior, o que resultou em uma maior relação C/N (Tabela 2.2).

Ngulube (1994) avaliou diversas procedências de gliricídia e observou, durante três anos, que a produção média anual de biomassa seca variou entre 7 e 10,9 $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, que os teores médios foliares de nutrientes variaram entre 25,8

e 31,5 de N, 1,7 e 2,0 de P, 9,8 e 17,7 de K, 15,6 e 29,7 de Ca e 6,7 e 25,5 de Mg, expressos em g kg^{-1} .

Tabela 2.2: Nutrientes no material de poda da gliricídia em aléias consorciada com frutíferas e relação C/N, no município de Campos dos Goytacazes-RJ

Nutriente	Ramos tenros + folhas	Ramos lignificados
N (g kg^{-1})	31,47±2,82	11,76±0,07
P (g kg^{-1})	2,43±0,17	0,90±0,07
K (g kg^{-1})	14,87±1,47	5,55±0,81
Ca (g kg^{-1})	8,90±0,86	2,80±0,26
Mg (g kg^{-1})	4,48±0,38	1,32±0,12
S (g kg^{-1})	1,93±0,12	1,44±0,09
C (g kg^{-1})	422,5±2,61	430,5±3,10
C/N	13,42	36,60

Intervalo de confiança para média, em 95% (n=18)

A poda das gliricídias em 2005 resultou em baixa adição de nutrientes ao solo (Tabela 2.3), devido à menor produção de biomassa (Tabela 2.1). Observa-se que houve aumento na adição média de nutrientes e de C ao solo entre os anos de 2006 e 2007 (Tabelas 2.4 e 2.5).

Tabela 2.3: Nutrientes adicionados ao solo na primeira poda da parte aérea da gliricídia, no sistema de aléias, na densidade de 625 plantas ha^{-1} , em um pomar orgânico de mangueira e gravioleira, no município de Campos dos Goytacazes-RJ, em 2005

Nutriente	Ramos tenros + folhas	Ramos lignificados	Total
		kg ha^{-1}	
N	1,48±0,25	0,34±0,05	1,82
P	0,11±0,02	0,03±0,0	0,14
K	0,70±0,12	0,16±0,02	0,86
Ca	0,42±0,07	0,08±0,01	0,50
Mg	0,21±0,04	0,04±0,01	0,25
S	0,09±0,02	0,04±0,01	0,13
C	19,86±3,38	12,48±1,72	32,34

Intervalo de confiança para média, em 95%

Tabela 2.4: Nutrientes adicionados ao solo em três podas da parte aérea da gliricídia no sistema de aléias, na densidade de 625 plantas ha⁻¹, em um pomar orgânico de mangueira e gravioleira, no município de Campos dos Goytacazes-RJ, em 2006

Nutriente	Poda 1		Poda 2		Poda 3		Total
	Ramos tenros + folhas	Ramos lignificados	Ramos tenros + folhas	Ramos lignificados	Ramos tenros + folhas	Ramos lignificados	
	kg ha ⁻¹						
N	13,09±1	3,60±0,59	11,87±1,45	3,44±0,45	19,64±1,92	4,94±0,71	56,58
P	1,0±0,07	0,28±0,04	0,92±0,11	0,26±0,03	1,52±0,15	0,38±0,05	4,37
K	6,18±0,4	1,70±0,28	5,60±0,68	1,63±0,21	9,28±0,91	2,33±0,33	26,72
Ca	3,7±0,24	0,86±0,14	3,36±0,41	0,82±0,11	5,56±0,54	1,18±0,17	15,48
Mg	1,86±0,1	0,40±0,07	1,69±0,21	0,39±0,05	2,80±0,27	0,56±0,08	7,70
S	0,8±0,05	0,44±0,07	0,73±0,09	0,42±0,05	1,20±0,12	0,61±0,09	4,2
C	175±11,	131,7±21	159,3±19,4	126,13±16,4	263±25	180,81±26	1037

Intervalo de confiança para média, em 95%

Tabela 2.5: Nutrientes adicionados ao solo em três podas da parte aérea da gliricídia no sistema de aléias, na densidade de 625 plantas ha⁻¹, em um pomar orgânico de mangueira e gravioleira, no município de Campos dos Goytacazes-RJ, em 2007

Nutriente	Poda 1		Poda 2		Poda 3		Total
	Ramos tenros + folhas	Ramos lignificados	Ramos tenros + folhas	Ramos lignificados	Ramos tenros + folhas	Ramos lignificados	
	kg ha ⁻¹						
N	34,37±5,	7,45±1,5	14,76±2,71	3,62±0,35	15,64±2,20	4,57±0,56	80,42
P	2,65±0,4	0,57±0,1	1,14±0,21	0,28±0,03	1,21±0,17	0,35±0,04	6,2
K	16,23±2,	3,52±0,7	6,97±1,28	1,71±0,17	7,39±1,04	2,16±0,3	37,98
Ca	9,72±1,4	1,78±0,3	4,18±0,77	0,86±0,08	4,42±0,62	1,1±0,13	22,05
Mg	4,89±0,7	0,84±0,2	2,10±0,39	0,41±0,04	2,23±0,31	0,5±0,06	10,98
S	2,10±0,3	0,91±0,2	0,90±0,17	0,44±0,04	0,96±0,13	0,5±0,07	5,88
C	461±67	272,93±5	198,14±37	132,59±13	209±29	167±20,6	1442

Intervalo de confiança para média, em 95%

Considerando-se apenas N, P, K, a adição da biomassa podada da parte aérea da gliricídia, em 2006, proporcionaram, respectivamente, uma adição ao solo de cerca de 56, 4,4 e 27 kg ha⁻¹ e cerca de 80, 6,2 e 38 kg ha⁻¹ em 2007 (Tabelas 2.4 e 2.5). Este incremento está relacionado à maior produção de biomassa em 2007. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Queiroz et al. (2007), que relataram uma adição de N, P, K ao solo com as podas da gliricídia de cerca de 75, 4,1 e 29 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, obtidos em duas podas

anuais de ramos com diâmetro de até 1,5 cm e de folhas, e sem que o sistema de aléias, no espaçamento de 5,6 x 0,5 m, tenha recebido adubação na ocasião de plantio.

Queiroz et al. (2007) observaram que a quantidade de N acumulada em duas podas no ano de 2006, nos sistemas com e sem adubação fosfatada, foi em torno de 90 kg ha⁻¹ ano⁻¹ e 75 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Comparando estes resultados com os deste trabalho, verifica-se que no ano de 2007, a quantidade de N adicionada ao sistema, 80,42 kg ha⁻¹ ano⁻¹, foi intermediária àquelas obtidas pelo autor, mesmo tendo aplicado apenas cinco litros de composto orgânico na ocasião de plantio.

Já Barreto e Fernandes (2001) obtiveram, em um sistema de aléias de gliricídia, no espaçamento 3 x 1 m, por quatro anos, uma produção média resultante de duas a três podas anuais, de cerca de 160 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N, proveniente de ramos com diâmetro menor que 1 cm e de folhas. Esse valor é muito superior ao obtido neste trabalho. Contudo, a adubação no plantio e a maior densidade de plantas contribuíram para essa maior produção de biomassa e, conseqüentemente, maior acumulação de N.

Sabendo-se que em cultivos orgânicos não é permitida a aplicação de adubos químicos sintéticos, a adição de N, P K ao solo pelas podas aplicadas nos anos de 2006 e 2007, equivalem, respectivamente, a uma adubação nitrogenada com as aplicações de 129 e 183 kg ha⁻¹ de uréia, a uma adubação fosfatada com 56 e 79 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e a uma adubação potássica com 55 e 79 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. Salienta-se que este resultado foi obtido em condições de baixa adição de insumos externos para o estabelecimento e a manutenção do cultivo em aléias de gliricídia.

Com relação a Ca, Mg e S depositados no solo derivados da poda da gliricídia no ano de 2006, as quantidades destes nutrientes foram em torno de 15,5 kg ha⁻¹ de Ca, 7,7 kg ha⁻¹ de Mg e 4,2 kg ha⁻¹ de S (Tabela 2.4) e no ano de 2007 foram em torno de 22 kg ha⁻¹ de Ca, 11 kg ha⁻¹ de Mg e 6 kg ha⁻¹ de S (Tabela 2.5).

Na Costa Rica, Henriksen et al. (2002) avaliaram o cultivo em aléias de gliricídia, consorciada com milho e feijão. Verificaram que, mesmo depois de sete anos, a biomassa seca acumulada anualmente era de 5,7 t ha⁻¹ ano⁻¹, proporcionando uma aplicação equivalente a 106 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 8,3 kg ha⁻¹

ano⁻¹ de P pela gliricídia. Estes resultados foram cerca de 32% e 34% acima do obtido no presente trabalho para N e P, no ano de 2007, que foi 80,42 e 6,3 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e P, respectivamente.

Em um sistema em aléias de leucena, no espaçamento de 6 m entre as linhas e 0,43 m entre as plantas, na região de cerrado no Estado de São Paulo, Mafra et al. (1998) relataram uma adição média anual de nutrientes ao solo de 52,3 de N; 2,7 de P; 12,7 de K; 40,4 de Ca e 14,2 de Mg, expressos em kg ha⁻¹, através da aplicação de 2398 kg ha⁻¹ da parte aérea podada das plantas de leucena. Os valores de N, P, K obtidos por estes autores foram inferiores aos obtidos no presente trabalho, enquanto os valores de Ca e Mg foram superiores.

Outro fator importante proporcionado pela poda das gliricídias é a cobertura do solo sob a área de copa das frutíferas com a biomassa podada. Apesar de não ter sido medida, pôde-se observar que, em torno da área de copa, houve conservação da umidade do solo por um período longo de tempo e menor infestação por vegetação espontânea em relação às plantas que não receberam a adubação verde. Tudo isso, provavelmente, também favoreceu a da fauna microbiana do solo. O manejo de deixar o material de poda das plantas ou restos de cultura sobre a superfície do solo, ao invés de enterrá-la, pode, além de prolongar o efeito do material orgânico no solo, diminuir a oscilação da temperatura do solo, a infestação de plantas espontâneas e a perda de umidade do solo por evaporação (Faria, 2004; Oliveira et al. 2006).

3.3. Decomposição de resíduo de poda da gliricídia

Os resultados mostraram que a velocidade de decomposição dos resíduos da gliricídia é rápida. Em 56 dias, 50% da biomassa seca havia sido decomposta e, aos 150 dias de decomposição, havia somente 16% de biomassa seca remanescente (Figura 2.1). A decomposição da biomassa seguiu uma tendência similar à velocidade de liberação de N contido nos resíduos de poda (Figura 2.4). De acordo com Padovan et al. (2006), a taxa inicialmente mais alta de redução da biomassa seca é atribuída à remoção da fração solúvel em água pelas chuvas, e à facilidade de decomposição microbiana dessa fração, que é de baixa relação C/N.

Também a umidade no solo e elevada temperatura, especialmente na fase inicial da decomposição, favoreceram a atuação dos organismos do solo, acelerando a degradação do material. Na Colômbia, Young (1991) citou um tempo de meia-vida de 80 dias para decomposição de resíduos de gliricídia, inferindo que a velocidade de decomposição foi diretamente relacionada a períodos chuvosos.

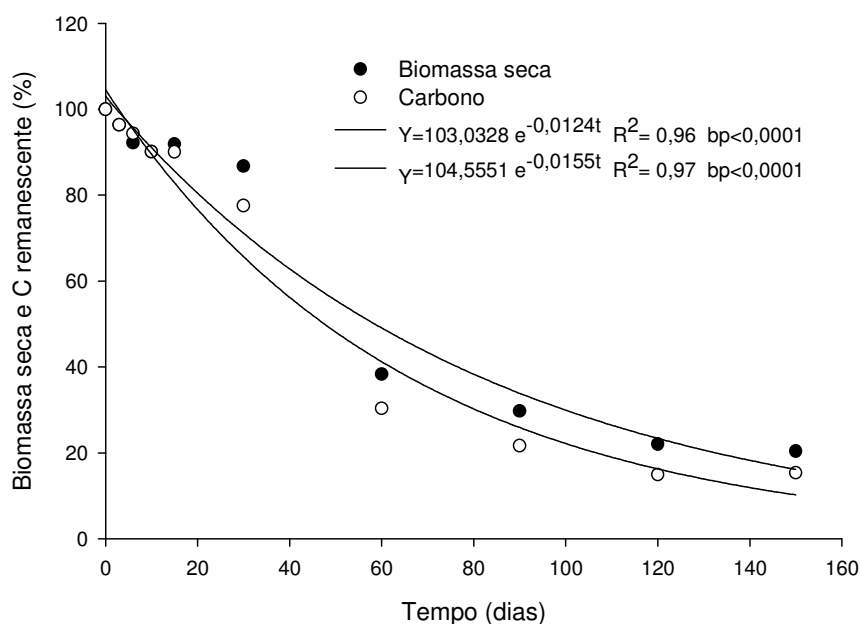


Figura 2.1: Biomassa seca remanescente e carbono remanescente nos resíduos de gliricídia em decomposição ao longo do tempo, no município de Campos dos Goytacazes-RJ.

bp= Probabilidade da constante de decomposição no modelo de equação.

A curva de perda de massa de C mostra-se semelhante à perda de biomassa seca (Figura 2.1). Em 45 dias, 50% da massa de C haviam sido perdidas. A biomassa de gliricídia apresentou uma decomposição bem rápida, pois em 150 dias de decomposição dos resíduos de poda, 90% do C haviam sido utilizados pelos microrganismos ou perdidos por alguma outra forma, como pequenos fragmentos que passaram pela malha dos *litterbags*.

Devido ao resíduo da gliricídia ser rico em N, tendo baixa relação C/N (Tabela 2.2), a mineralização do C orgânico procedeu-se rapidamente. A relação C/N é uma das propriedades que caracteriza a qualidade do resíduo e quando baixa a decomposição pode ocorrer mais rapidamente.

A curva em relação à perda de massa de lignina dos resíduos indica que o tempo de meia-vida foi de 247 dias. Alto teor dessa molécula implica em uma redução na taxa de decomposição, uma vez que a lignina interage com a parede celular, fornecendo proteção mecânica à celulose contra a degradação (Mafongoya et al., 1998a). Aos 150 dias de decomposição ainda havia 70% de lignina contida nos resíduos. Para a massa de celulose, a curva em relação à perda de massa indica que este polímero é rapidamente utilizado pelos organismos. Em 60 dias de decomposição 50% da celulose já havia sido decomposta e, aos 150 dias de decomposição havia somente 19% de celulose remanescente (Figura 2.2).

Teores de celulose mostraram-se intimamente relacionados com a velocidade de decomposição dos resíduos vegetais em diferentes leguminosas herbáceas perenes na estação seca e na chuvosa (Espindola et al., 2006b). Assim, os teores de celulose podem afetar a constante de decomposição (k) dos resíduos, de forma que quanto maior o teor de celulose mais rápida pode ser a perda de biomassa seca. De acordo com Costa (2002), dentre as frações de carbono, a celulose pode ser uma importante fonte de energia para os organismos decompositores.

Os teores médios de lignina e celulose dos resíduos de gliricídia foram de 96,5 e 157,5 g kg⁻¹, respectivamente. Assim, os resíduos de gliricídia, além de fornecer nutrientes pela rapidez na decomposição de alguns compostos, podem também proporcionar incrementos na MOS por parte de alguns compostos considerados mais recalcitrantes.

Mafongoya et al. (1998b) obtiveram, em folhas de gliricídia, teores de lignina e relação C/N superiores ao obtidos neste trabalho para ramos tenros+ folhas, atingindo 111 g kg⁻¹ e 20,7 contra 96,5 g kg⁻¹ e 13,42 (Tabela 2.2), respectivamente. A relação C/N está diretamente relacionada com o teor de N contido nos resíduos. O teor médio de N obtido neste trabalho em ramos tenros + folhas, de 31,47 g kg⁻¹ (Tabela 2.2), é muito superior ao obtido por aqueles autores em folhas, que foi de 18 g kg⁻¹. Por outro lado, em um sistema agroflorestal constituído de diferentes espécies vegetais, Silva et al. (2006b) observaram em folhas de gliricídia teor de lignina e relação C/N inferiores às obtidas neste trabalho (74,5 g kg⁻¹ e 11,09) e um teor de N superior (38,5 g kg⁻¹). Estes valores estão correlacionados com a alta taxa de decomposição (valor de k)

e, conseqüentemente, menor tempo de meia-vida ($t_{1/2}$ vida), obtida pelos autores, que foram de 0,033 e 21 dias, respectivamente, em relação à do presente trabalho, de 0,0127 e 56 dias.

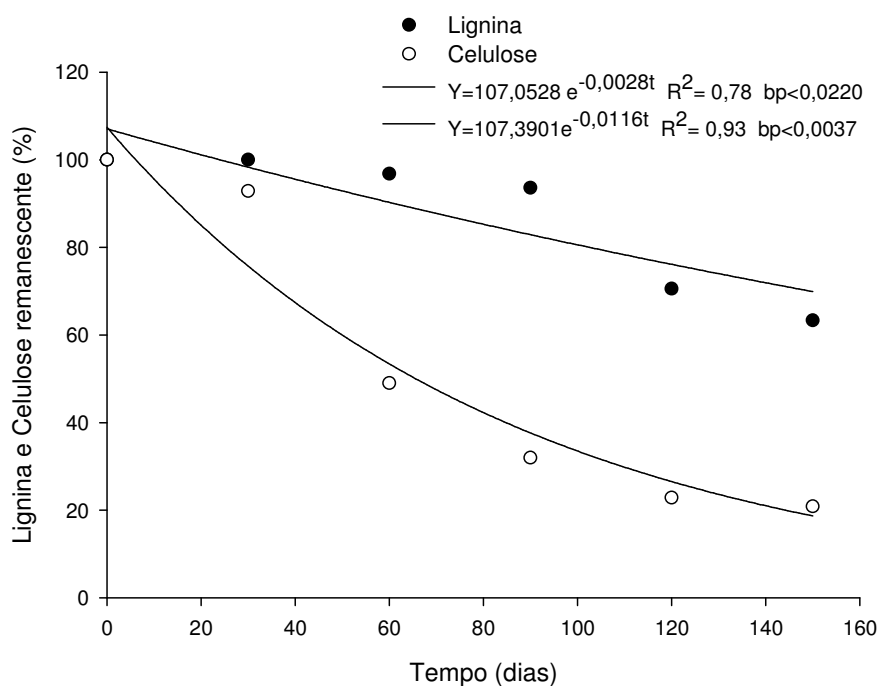


Figura 2.2: Massa de lignina e celulose remanescentes nos resíduos de gliricídia em decomposição ao longo do tempo, no município de Campos dos Goytacazes-RJ.

bp= Probabilidade da constante de decomposição no modelo de equação.

Além da composição química do resíduo, outro fator apontado como regulador da decomposição é o clima. Este, provavelmente, favoreceu o processo de decomposição dos resíduos de gliricídia, uma vez que as avaliações tiveram início em uma estação em que as precipitações pluviométricas e a temperatura foram elevadas (Figura 2.3), o que favoreceu a atuação dos microrganismos do solo. Esta situação permaneceu favorável ao processo de decomposição até o mês de abril. Vários autores relataram diferenças no processo de decomposição entre as estações seca e chuvosa (Nóbrega et al., 2004a, Espindola et al., 2006b, Padovan et al., 2006).

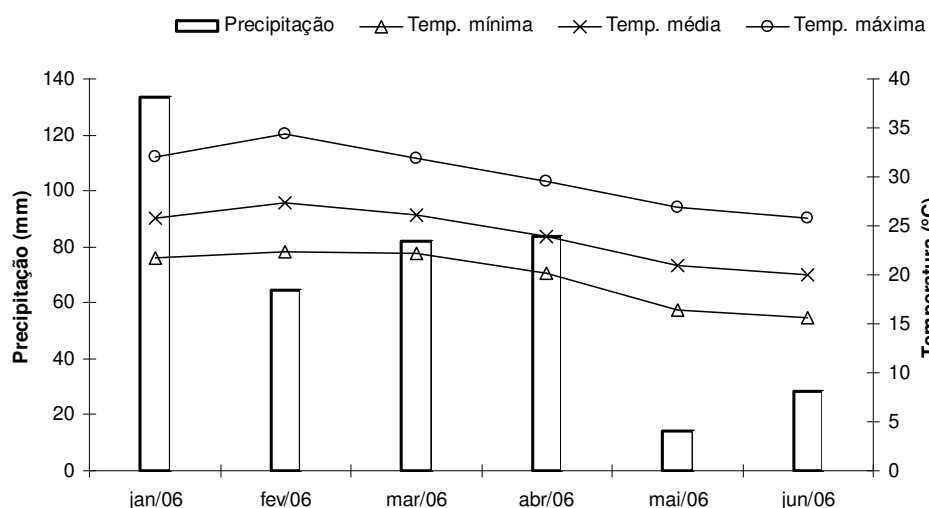


Figura 2.3: Precipitação pluvial acumulada no mês (mm), temperaturas máxima, mínima e média mensal ($^{\circ}\text{C}$), no município de Campos dos Goytacazes-RJ. (Fonte: EEC PESAGRO – RJ / Campos dos Goytacazes).

As curvas relacionadas à velocidade de liberação de N e P assinalam tendências similares (Figura 2.4), bem como a relacionada à perda de C (Figura 2.1). Os tempos de meia-vida para o N e o P foram de 44 e 50 dias, respectivamente. Ao longo de 150 dias de decomposição, a liberação de N e P contidos nos resíduos foi de 90% e 87%, respectivamente. Apesar da velocidade de liberação de N apresentar tendência similar à velocidade de decomposição do resíduo, a primeira foi mais rápida, necessitando de 44 e de 56 dias, respectivamente, para que metade da quantidade inicial de N fosse liberada e de biomassa seca fosse decomposta.

Estes resultados permitem inferir que, nas condições do estudo, a liberação de N e de P é rápida. Em apenas 50 dias, pouco mais da metade do total do N e metade do total do P acumulados nos ramos tenros + folhas da gliricídia puderam estar disponíveis para o aproveitamento das frutíferas. Resíduos que apresentam menor valor de k e, conseqüentemente, uma reduzida taxa de liberação de N podem refletir em uma imobilização desse nutriente pelos microrganismos que poderá acarretar, conforme sua magnitude, em deficiência de N para a cultura consorciada.

Mafongoya et al. (1998b) não encontraram correlação significativa entre o conteúdo de N inicial com a liberação de N em folhas de gliricídia. Por outro lado, Tian et al. (1992b) verificaram, em condições de laboratório, que a liberação de N

de resíduos de poda (folhas) de diferentes leguminosas arbóreas, dentre elas a gliricídia, foi significativamente correlacionada com o conteúdo de N inicial, bem como com os de lignina e polifenóis. Observaram que a liberação de N aumentou com o aumento do conteúdo de N e reduziu com o aumento do conteúdo de lignina e polifenóis.

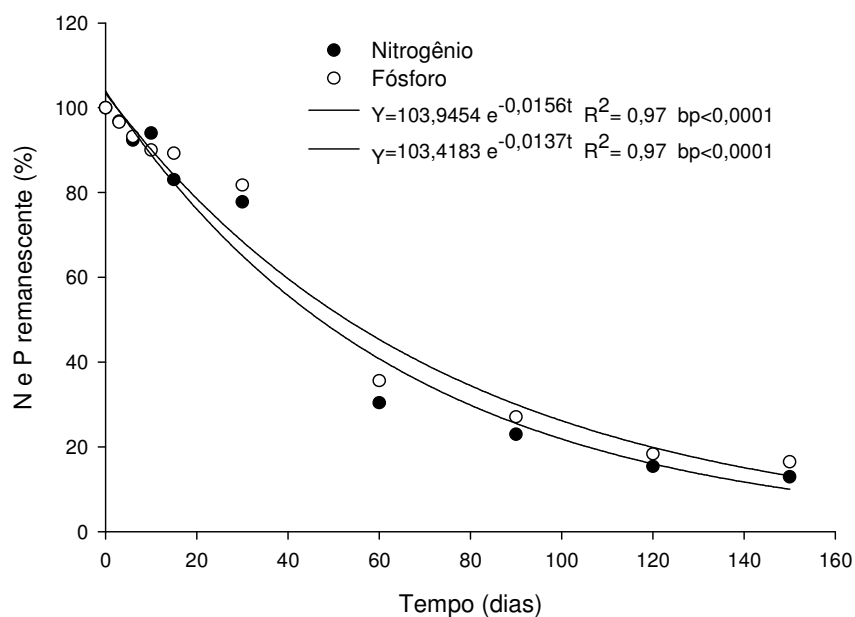


Figura 2.4: Nitrogênio e fósforo remanescentes nos resíduos de gliricídia em decomposição ao longo do tempo, no município de Campos dos Goytacazes-RJ.

bp= Probabilidade da constante de decomposição no modelo de equação.

Em uma horta orgânica sombreada com gliricídia no espaçamento 3 x 4 m, Nóbrega et al. (2004b) verificaram, por ocasião da poda das árvores no final do período de chuvas, que a velocidade de decomposição da biomassa seca e de liberação do N em folhas e pecíolos apresentaram tendência similar, com maior rapidez na liberação do N em relação à decomposição da biomassa. Tal resultado vai estar relacionado ao ataque dos microrganismos, primeiramente, sobre os compostos protéicos, ricos em N. Os tempos de meia-vida da biomassa seca, do N total, da fração mais lábil e da fração recalcitrante do resíduo foram de 30, 20, 21 e 146 dias, respectivamente. Conforme os autores, os dados indicam viabilidade de uso da espécie como adubo verde para hortaliças. A fração lábil

está associada ao poder fertilizante do material e a fração recalcitrante ao potencial de incremento de C orgânico do solo.

Conforme estudos de Henriksen et al. (2002), há evidências de que resíduos vegetais de leguminosas arbóreas cultivadas em aléias, constituídos de parte jovens e suculentas, como folhagens, apresentam uma rápida perda de massa inicial e liberação de N. Segundo os autores, são necessários em torno de 26 e 52 dias para que aproximadamente, 50% da biomassa seca sejam perdidos e 75% do N sejam liberados dos resíduos após sua aplicação ao solo, respectivamente.

A baixa eficiência do uso do N de leguminosas com resíduos de rápida decomposição, como da glicíndia, é freqüentemente atribuída à falta de sincronismo entre a demanda por N das culturas comerciais e a liberação de N do material podado, agravada por perdas de N por lixiviação (Myers et al., 1997 citado por Gomes et al., 2005). Segundo Gomes et al. (2005), o conhecimento do padrão de decomposição da biomassa do adubo verde auxilia no manejo, de forma a evitar perdas de nutrientes. Assim, a poda e algumas outras práticas culturais podem ser otimizadas para desempenhar funções benéficas em estágios críticos do ciclo das culturas de interesse.

A velocidade de liberação de Ca foi menor do que a do Mg (Figura 2.5), com tempo de meia-vida de 100 e 44 dias, respectivamente. Ao fim de 150 dias de decomposição, havia 35% de Ca e 8% de Mg remanescentes no resíduo. A lenta liberação do Ca está relacionada ao fato desse nutriente ser um dos constituintes da lamela média da parede celular (Potafos, 1996; Taiz e Zeiger, 2004), formando um dos componentes mais recalcitrantes dos tecidos vegetais. O tempo de meia-vida do Mg no resíduo foi igual ao do N e próximo ao do P (Figuras 2.4 e 2.5).

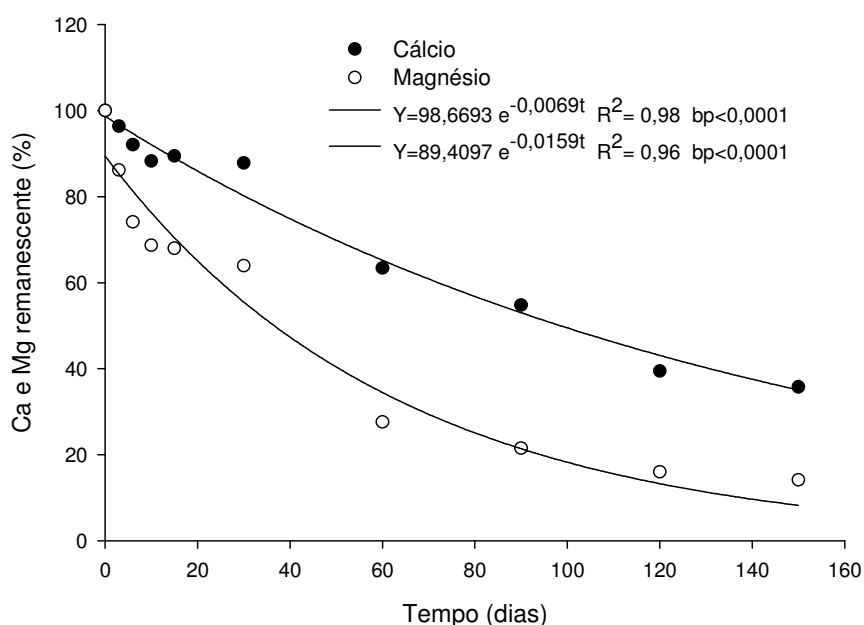


Figura 2.5: Cálcio e magnésio remanescentes nos resíduos de glicíndia em decomposição ao longo do tempo, no município de Campos dos Goytacazes-RJ.

bp= Probabilidade da constante de decomposição no modelo de equação.

A velocidade de liberação do K foi rápida. Com 29 dias, 50% do K contido no resíduo tinham sido liberados. Aos 150 dias de decomposição só haviam 3% de K remanescente. Para o S foram necessários 71 dias para que 50 % desse nutriente contidos no resíduo fossem liberados e, aos 150 dias de decomposição, havia 22% de S remanescente no resíduo (Figura 2.6). Alguns trabalhos publicados relatam que esse nutriente apresenta uma rápida velocidade de liberação em relação aos demais, independentemente da espécie envolvida e da época de corte (Padovan et al. 2006; Espindola et al., 2006b). Tal comportamento observado para o K está associado ao fato desse nutriente ocorrer na forma iônica nas plantas, não participando da constituição de estruturas orgânicas (Potafos, 1996, Taiz e Zeiger, 2004), o que facilita sua liberação.

Padovan et al. (2006) relataram rápida liberação de K e lenta liberação de Ca em resíduos de soja, submetida a diferentes épocas de corte. Também Espindola et al. (2006b) relataram a ocorrência de rápida liberação de K e lenta liberação de Ca nas leguminosas herbáceas perenes amendoim forrageiro, cudzu tropical e siratro, tendo observado, com relação ao K, tempos de meia-vida menores que 13 dias para todas as plantas, e com relação ao Ca longos tempos

de meia-vida, que chegaram até 157 dias nos resíduos de siratro. Similar ao resultado observado neste trabalho. Porém, os tempos de meia-vida para o K e o Ca foram de 29 e de 100 dias, respectivamente.

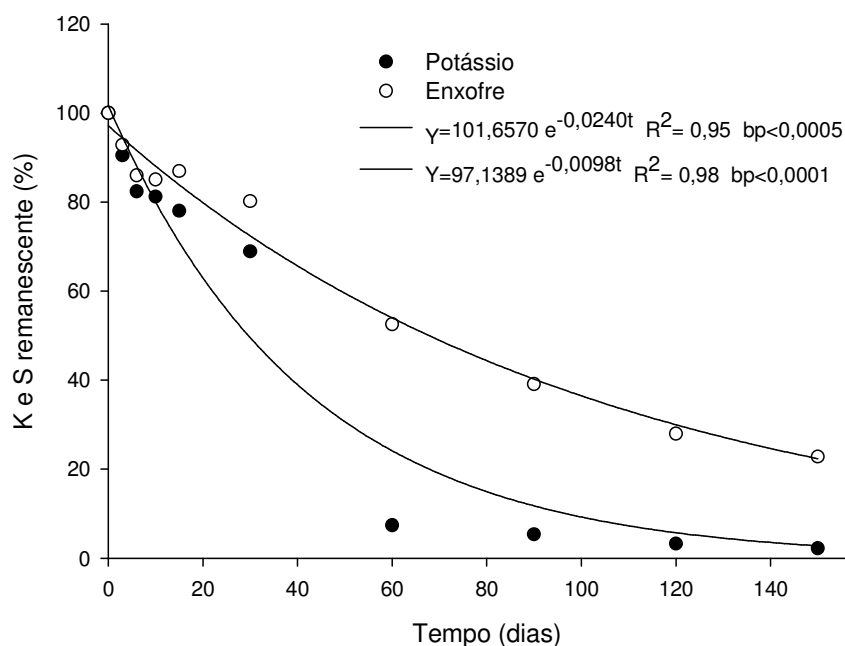


Figura 2.6: Potássio e enxofre remanescentes nos resíduos de glicíndia em decomposição ao longo do tempo, no município de Campos dos Goytacazes-RJ.

bp= Probabilidade da constante de decomposição no modelo de equação.

A partir dos valores de k , tornou-se possível estabelecer a seguinte ordem de liberação dos nutrientes: $K > Mg > N > P > S > Ca$. Observam-se valores de k muito próximos para Mg (0,0159), N (0,0156) e P (0,0137) com tempos de meia-vida de 43, 44 e 50 dias, respectivamente. Tal resultado deve estar relacionado ao fato destes nutrientes fazerem parte da constituição de compostos de fácil metabolismo, como proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, clorofila. Levando em consideração os tempos de meia-vida, cerca de 50 % dos nutrientes contidos na leguminosa foram liberados em até 71 dias, exceto para o Ca, que necessitou de mais tempo para a liberação.

Assim, no processo de decomposição, a constante de decomposição (k) e o tempo de meia-vida podem auxiliar na escolha e ajustes de práticas de manejo,

que poderão contribuir para a sincronia entre a liberação de nutrientes e sua utilização pelas culturas.

3.4. Contribuição das glicídias em aléias na adubação das frutíferas

A adubação verde com ramos tenros com folhas, proporcionada pelas diversas podas das aléias de glicídiã, nos anos de 2006 e 2007 contribuiu com boa parte da nutrição das frutíferas, considerando a quantidade de N, P, K recomendada para a adubação de ambas, referentes ao terceiro e quarto ano (Tabelas 2.6 e 2.7).

Na Tabela 2.6 é apresentada a quantidade de N, P, K fornecida ao pomar, com seus respectivos tempo de meia-vida, ou seja, tempo necessário para que metade do nutriente seja liberada do resíduo, e a recomendação de adubação para a cultura da mangueira, no terceiro e quarto ano, descrita por Magalhães e Borges (2000), para o estado de Minas Gerais.

Para a gravioleira, a recomendação de adubação para o terceiro e o quarto ano após o plantio, baseada em Manica (1994) e o fornecimento de N, P, K pela glicídiã, com seus respectivos tempo de meia-vida é detalhada na Tabela 2.7.

Ao comparar a quantidade de N, P, K recomendada para a adubação das duas frutíferas com as quantidades destes mesmos nutrientes acumulados na biomassa seca de ramos tenros com folhas adicionados ao solo com as podas das glicídias nos anos de 2006 e 2007, que foram respectivamente, cerca de 44 kg ha⁻¹ de N, 3,5 kg ha⁻¹ de P e 21 kg ha⁻¹ de K e cerca de 64,5 kg ha⁻¹ de N; 5 kg ha⁻¹ de P e 30,5 kg ha⁻¹ de K (Tabelas 2.6 e 2.7), é possível inferir que a adubação verde proporcionada pelas diversas podas das aléias de glicídiã pode contribuir com boa parte da nutrição das frutíferas, especialmente de N.

Ao relacionar o manejo de podas das árvores, concentrado no período chuvoso (meses de novembro a abril), com a quantidade de N, P, K adicionadas ao sistema, e as épocas mais adequadas para o manejo da adubação de cada frutífera, pode-se inferir que o intervalo e época das podas se adequaram à algumas épocas recomendadas para adubação das frutíferas, em especial a da gravioleira (Tabela 2.7).

Tabela 2.6: Quantidade de N, P e K depositada no solo, através das podas de ramos tenros com folhas da gliricídia, tempo de meia-vida e quantidades recomendadas para a cultura da mangueira (156 plantas ha⁻¹), no 3^o e 4^o ano pós-plantio, conforme Magalhães e Borges (2000)

Época de poda	Fornecimento de nutriente			Quantidade recomendada para a mangueira				
	N	P	K	Época de adubação	Parcelamento	N	P	K
kg ha ⁻¹			Kg ha ⁻¹					
01/2006	13,10	1,00	6,20	3 ^o ano pós-plantio	Outubro	10,20		13,00
03/2006	11,90	0,92	5,60		Janeiro	10,20	9,50	13,00
11/2006	19,60	1,50	9,30		Março	9,36		13,00
Total	44,60	3,42	21,10		Total	31,20	9,50	39,00
01/2007	34,40	2,60	16,20	4 ^o ano pós-plantio	Antes da floração (inverno)	3,12		2,60
04/2007	14,70	1,10	7,00		Após pegamento frutos	12,48	11,00	10,40
11/2007	15,60	1,20	7,40		Após colheita	15,60		13,00
Total	64,70	4,90	30,60		Total	31,20	11,00	26,00
Tempo de meia-vida (dias)	44	50	29					

Tabela 2.7: Quantidade de N, P e K depositada no solo, através das podas de ramos tenros com folhas da gliricídia, tempo de meia-vida e quantidades, recomendadas para a cultura da gravioleira (156 plantas ha⁻¹), no 3^o e 4^o ano pós-plantio, conforme Manica (1994)

Época de poda	Fornecimento de nutriente			Quantidade recomendada para a gravioleira				
	N	P	K	Época de adubação	Parcelamento	N	P	K
kg ha ⁻¹			Kg ha ⁻¹					
01/2006	13,10	1,00	6,20	3 ^o ano pós-plantio	Início do período chuvoso	15,60	10,25	19,5
03/2006	11,90	0,92	5,60		Final do período chuvoso	15,60	10,25	19,5
11/2006	19,60	1,50	9,30		Total	31,20	20,50	39,00
Total	44,60	3,42	21,10					
01/2007	34,40	2,60	16,20	4 ^o ano pós-plantio	Início do período chuvoso	20,26	13,33	25,33
04/2007	14,70	1,10	7,00		Meio do período chuvoso	20,26	13,33	25,33
11/2007	15,60	1,20	7,40		Final do período chuvoso	20,26	13,33	25,33
Total	64,70	4,90	30,60		Total	60,8	40,00	76,00
Tempo de meia-vida(dias)	44	50	29					

A contribuição do adubo verde no fornecimento de N, tanto em 2006 quanto em 2007, foi superior à recomendada tanto pela mangueira (Tabela 2.6) quanto pela gravioleira (Tabela 2.7). Por outro lado, as quantidades de P e K recomendadas pelas frutíferas, são superiores àquelas proporcionadas pelas adubações verdes, exceto para o K na adubação da mangueira no quarto ano pós-plantio.

De acordo com as recomendações de adubação da mangueira, no terceiro e no quarto ano pós-plantio, as contribuições da adubação verde variaram de 37 a 45% do P exigido pela cultura. A contribuição das gliricídias com relação ao K foi de 54 % do recomendado na adubação do terceiro ano pós-plantio e 17% acima do exigido na adubação do quarto ano pós-plantio.

Contudo, ao relacionar as épocas de podas e os tempos de meia-vida, que mostraram uma rápida liberação dos nutrientes dos resíduos, com as épocas recomendadas para a adubação da mangueira, pode-se inferir que a adubação verde em 2007 não contribuiu efetivamente para a adubação da mangueira, especialmente à do quarto ano. Isto porque as adubações verdes ocorreram após as épocas recomendadas para adubação, exceto na ocasião de pós-colheita. Nesta ocasião, a adubação verde de janeiro e abril, aliada à rápida liberação de nutrientes dos resíduos, provavelmente, beneficiou a mangueira.

Com relação ao recomendado para a gravioleira (Tabela 2.7), a contribuição da adubação verde no fornecimento de P e K, foi menor na adubação do quarto ano pós-plantio em relação à do terceiro ano, passando de 17 para 12,5% do P e 54 para 40% do K recomendados. Observa-se que a exigência no quarto ano pós-plantio é mais que o dobro em relação à do terceiro ano. A adubação verde contribuiu muito pouco no fornecimento, principalmente, de P para a gravioleira. Segundo Pinto et al. (2001), esta frutífera é muito exigente em P e K. Devendo, portanto, haver outra fonte de adubação, principalmente fosfatada.

Ao relacionar as épocas de podas, o tempo para liberação dos nutrientes com as épocas recomendadas para a adubação da gravioleira, pode-se inferir que as adubações verdes de 2006 em 2007 puderam contribuir de modo mais significativo para esta frutífera. Isto porque as épocas de poda se adequaram às épocas recomendadas para adubação da gravioleira

O fornecimento de N anual através da adubação verde chegou a ser de 43% e 108% acima do recomendado para a mangueira e de 43% e 5% acima do recomendado pela gravioleira, nas adubações do terceiro e quarto anos pós-plantio, respectivamente. Para a cultura da mangueira, Fonseca (2002) ressalta que, devido à necessidade da paralisação do crescimento vegetativo para que ocorra a indução floral, o uso de adubos nitrogenados deve ser cauteloso, pois o N é importante para o crescimento vegetativo das plantas, o que é indesejável na ocasião do florescimento.

Deve-se salientar a necessidade e a importância de mais avaliações ao longo do tempo para verificar a sustentabilidade produtiva e econômica deste consórcio. Pois, em geral, de acordo com Rodrigues et al. (2007), o que se espera de um sistema de produção é a otimização do uso dos fatores de produção, com redução de custos, gerando, conseqüentemente, maior renda para o produtor.

4. CONCLUSÕES

A gliricídia no sistema de aléias desenvolveu-se bem no pomar orgânico de mangueira e gravioleira, apresentando elevada sobrevivência (93%), boa produção de biomassa seca e adição de nutriente, com potencial de uso contínuo no sistema.

A quantidade de biomassa seca e de nutrientes adicionados ao sistema, em três podas anuais da gliricídia, foi maior no segundo ano de manejo das podas.

O K foi o nutriente de mais rápida liberação dos resíduos de poda e o Ca de mais lenta liberação.

O crescimento e o desenvolvimento da gliricídia permitiram que o regime de poda se adequasse às épocas recomendadas para as adubações da gravioleira.

A quantidade de N adicionada ao pomar com as podas da gliricídia foi maior que a adubação recomendada pela mangueira e pela gravioleira.

A quantidade de P e K adicionada ao pomar não foi suficiente para suprir a adubação demandada pela mangueira e pela gravioleira.

A adubação verde com gliricídia, no manejo adotado, contribuiu de forma mais significativa na nutrição da gravioleira.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, J.D.; Ingram, J.S.I. (1996) *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2. ed. Wallingford: UK CAB International, 171p.

Baggio, A.J. (1984) Possibilidades de *Gliricidia sepium* (jacq.) Steud para uso em Sistemas Agroflorestais no Brasil. *Pesq. Agrop. Bras*, v.19, s/n, p.241-243.

Barreto, A.C.; Fernandes, M.F. (2001) Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.36, n.10, p.1287-1293.

Barreto, A.C.; Fernandes, M.F.; Carvalho Filho, O.M. (2004) Cultivo de alamedas de gliricídia (*Gliricidia sepium*) em solos dos tabuleiros costeiros. *Circular Técnica*, n.36. Embrapa, Aracaju-SE. 4p.

Braga, J.M.; Defelipo, B.V. (1974) Determinação de espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *Revista Ceres*, v.21, n.113, p.73-85.

Cochran, W. G. (1955) *Técnicas de amostragem*. Rio de Janeiro. Fundo de Cultura, 555p.

Corrêa, F.L.O.; Ramos, J.D.; Gama-Rodrigues, A.C.; Muller, M.W. (2006) Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no Estado de Rondônia, Brasil. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, n.6, p.1099-1105.

Costa, G.S. (2002) *Decomposição da serapilheira em florestas plantadas e fragmentos de Mata Atlântica na região norte fluminense*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 113p.

Costa, G.S.; Espindola, J.A.A.; Barroso, D.B.; Gravina, G.A.; Machado Filho, O.C.; Barreto, A.J.R.; Lisboa, R.D.S.; Pessanha, F.M. (2004b) Desempenho de leguminosas arbóreas na formação de aléias em um sistema agroflorestal na região Norte Fluminense. Fertbio – Lages – SC. *Anais*. (CD-ROM)

Espindola, J.A.A.; Almeida, D.L. de; Guerra, J.G.M. (2004) Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica. *Documentos*, n.174, Embrapa-Agrobiologia, 14p.

Espindola, J.A.A.; Guerra, J.G.M.; Almeida, D.L.; Teixeira, M.G.; Urquiaga, S. (2006b) Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 30:321-328.

Faria, C.M.B. (2004) Comportamento de leguminosas para adubação verde no Submédio São Francisco. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, n.63, Petrolina, PE : Embrapa Semi-Árido, 22 p.

Fonseca, N. (2002) *Paclobutrazol e estresse hídrico no florescimento e produção da mangueira (Mangifera indica L.) 'Tommy Atkins'*. Tese (Doutorado) - Lavras-MG, Universidade Federal de Lavras-UFLA, 134p.

Gomes, T.C.A.; Silva, M.S.L.; Silva, J.A.M.; Carvalho, N.C.S.; Soares, E.M.B. (2005) Padrão de Decomposição e Liberação de Nutrientes de Adubos Verdes em Cultivos de Uva e Manga do Submédio São Francisco. Embrapa Semi-Árido, *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, n.71, 24p.

Henriksen I.; Michelsen A.; Schlönvoigt A. (2002) Tree species selection and soil tillage in alley cropping systems with *Phaseolus vulgaris* L. in a humid premontane climate: biomass production, nutrient cycling and crop responses. *Plant and Soil*, 240: 145-159.

Kang, B.T. (1997) Alley cropping- soil productivity and nutrient recycling. *Forest Ecology and Management*, v.91, p.75-82.

Mafongoya, P. L.; Giller, K.E.; Palm, C.A. (1998a) Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter. *Agroforestry Systems*, v.38, p.77-97.

Mafongoya, P. L.; Nair, P.K.R.; Dzwela, B.H. (1998b) Mineralization of nitrogen from decomposing leaves of multipurpose trees as affected by their chemical composition. *Biol. Fertil Soils*, v.27, p.143-148.

Mafra, A.L.; Wolinsk Miklós, A.A.; Harkaly, A. H.; Mendoza, E. (1998) Adição de nutrientes ao solo em sistemas agroflorestais do tipo "cultivo em aléias" e em cerrado na região de Botucatu, SP. *Scientia Forestalis*, n.54, p.41-54.

Magalhães, A.F.J.; Borges, A.L. (2000) Calagem e adubação. In: MATOS, A.P. (org). *Manga: produção – Aspectos técnicos*. Embrapa mandioca e fruticultura, p.35-44. (Comunicação para transferência de tecnologia).

Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. (1997) *Avaliação do estado nutricional de plantas, princípio e adaptações*. 2. ed. Piracicaba-SP: Potafó, 319p.

Manica, I. (1994) *Fruticultura – Cultivo das anonáceas: ata, cherimólia e graviola*. Porto Alegre, Evangraf, 117p.

Myers, R.J.K.; Palm, C.A.; Cuevas, E.; Gunatilleke, I.U.N.; Brossard, M. (1994) The synchronization of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In:

Woomer, P.L.; Swift, M.J. (eds). *The biological management of tropical soil fertility*. Chichester: John Wiley e Sons, p.81-116.

Ngulub, M. (1994) Evaluation of *Gliricidia sepium* provenances for alley cropping in Malawi. *Forestry Ecology and Management*, v.64 (2-3), p.191-198.

Nóbrega, P.O.; Silva, G.T.A.; Soares, P.G.; Campello, E.F.C., Resende, A.S. (2004a) Decomposição de fitomassa e liberação de nitrogênio em resíduos das espécies *Racosperma mangium* E *Melia azedarach* para fins de adubação verde em sistemas agroflorestais. *Rev. Univ. Rural, Ser. Ci. Vida. Seropédica, RJ, EDUR*, v.24, n.1, p.13-18.

Nóbrega, P.O.; Silva, G.T.A.; Campello, E.F.C.; Espindola, J.A.A.; Resende, A.S. (2004b) Decomposição e liberação de nitrogênio em resíduos de *Gliricidia sepium* utilizada na adubação verde. Fertbio-Lages-SC. *Anais*. (CD-ROM)

Oliveira, F.L.; Guerra, J.G.M.; Junqueira, R.M.; Silva, E.E.; Oliveira, F.F.; Espindola J.A.A.; Almeida, D.L.; Ribeiro, R.L.D.; Urquiaga, S. (2006) Crescimento e produtividade do inhame cultivado entre faixas de guandu em sistema orgânico. *Hortic. Brasileira*, v.24, n.1, p.53-58.

Olson, J.S. (1963) Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, v.44, n.2, p.322-331.

Padovan, M.P.; Almeida, D.L.; Guerra, J.G.M.; Ribeiro, R.L.D.; Oliveira, F.L.; Santos, L.A.; Alves, B.J.R.; Souto, S.M. (2006) Decomposição e liberação de nutrientes de soja cortada em diferentes estádios de desenvolvimento. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.41, n.4, p.667-672.

Pinto, A.C.Q.; Silva, E.M.; Ramos, V.H.V.; Rodrigues, A.A. (2001) Tratos culturais. In: Oliveira, M.A.S (Ed) *Graviola: produção – Aspectos técnicos*. Embrapa Cerrados, p.26-33. (Embrapa informação tecnológica).

Potafos (1996) Nutri-fatos: Informação agrônômica sobre nutrientes para as culturas. *Arquivo do Agrônomo*, n.10, 24p. (Trad. e adaptação do original "It's the Truth – Nitrogen Is Required by Plants", PPI, Norcross, EUA, por Malavolta, E.).

Queiroz, L.R.; Coelho, F.C.; Barroso, D.G.; Queiroz, V.A.V. (2007) Avaliação da produtividade de biomassa e acúmulo de N, P, K em leguminosas arbóreas no sistema de aléias, em Campos dos Goytacazes-RJ. *Revista Árvore*, v.31, n.3, p.38-390.

Rodrigues, E.R.; Cullen Jr., L.; Beltrame, T.P.; Moscolgiato, A.V.; Silva, I.C. (2007) Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. *Rev. Árvore*, v.31, n.5, p.941-948.

Rowland, A.P.; Roberts, J.D. (1994) Lignin and cellulose fractionation in decomposition studies using acid detergent fibre methods. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25:269-277.

Silva, G.T.A.; Matos, L.V.; Nóbrega, P. de O.; Campello, E.F.C.; Resende, A.S.A. (2006b) Correlação entre a composição química e a velocidade de decomposição

e liberação de nitrogênio de folhas de dez espécies em um sistema agroflorestal. In: VI Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campos do Goytacazes-RJ, UENF. *Anais*. (CD-ROM)

Taiz, L.; Zeiger, E. (2004) *Fisiologia vegetal*. Trad. Santarém, E.R. et al., 3. ed. Porto Alegre:artmed, 719p.

Tian, G.; Kang, B.T.; Brussaard, L. (1992b) Effects of Chemical Composition on N, Ca, and Mg Release during Incubation of Leaves from Selected Agroforestry and Fallow Plant Species. *Biogeochemistry*, v.16, n.2, p.103-119.

Tian, G.; Brussaard, L.; Kang, B.T. (1995) An index for assessing the quality of plant residues and evaluating their effects on soil and crop in the (sub-) humid tropics. *Applied Soil Ecology*, 2:25-32.

Van Soest, P.J.; Wine, R.H. (1968) determination of lignin and cellulose in acid-detergent fibre with permanganate. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.*, 51:780-785.

Young, A. (1991) *Agroforestry for soil conservation*. CAB International, Willingford, UK., 276p.

EFEITOS DE ALÉIAS DE GLIRICÍDIA EM POMAR DE MANGUEIRA E GRAVIOLEIRA SOBRE O CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DAS FRUTÍFERAS E NO SOLO

RESUMO

No sistema de cultivo em aléias, o manejo de poda das árvores é um adequado mecanismo para incrementar a MOS e a ciclagem de nutrientes no sistema, contribuindo com a fertilidade do solo e, conseqüentemente, com a nutrição das culturas. Os objetivos do trabalho foram avaliar o efeito do cultivo de gliricídia em aléias, em pomar orgânico de mangueira e de gravioleira, sobre o crescimento e a nutrição das frutíferas e sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo. As avaliações foram realizadas em um pomar orgânico, localizado no município de Campos dos Goytacazes-RJ, no qual foram estabelecidos um sistema consorciado com aléias de gliricídia e mangueira e gravioleira, e um sistema referência (somente as frutíferas). Nas condições do experimento, a mangueira consorciada com gliricídia apresentou maior crescimento em relação à da área de referência. Não houve alterações nas propriedades físicas do solo entre os sistemas, em dois anos de manejo da gliricídia. Mas verificou-se que a adubação verde com gliricídia tende a contribuir para elevar ou manter o CO no solo, enquanto que no solo da área de referência verificou-se a ocorrência de degradação do CO. O manejo da adubação verde com gliricídia, aliada à adubação do pomar com composto orgânico e farinha de carne e ossos, proporcionaram aumentos nos valores de pH, P, K, Ca, Mg, SB e V, nas três

profundidades, e de CTC, na profundidade de 0-5 cm; e redução nos valores de H + Al, nas profundidades de 5-10 e de 10-20 cm. Os valores de P, nas profundidades 5-10 e 10-20 cm, e de K e Mg, na profundidade 0-5 cm do solo, tiveram incremento mais acentuado no sistema com gliricídia, em relação ao solo referência, resultando em teores mais elevados em função do consórcio. As variações nos teores foliares de nutrientes nas frutíferas indicaram uma possível influência do crescimento das mesmas e/ou deficiência hídrica do solo, ou ainda, a ocorrência de competição com a gliricídia pelos nutrientes do solo, em especial, a gravioleira.

Termos de indexação: Adubação verde, leguminosas, fertilidade do solo, cultivo orgânico, *Gliricídia sepium*.

EFFECTS OF GLIRICIDIA ROWS IN MANGO AND SOURSOP ORCHARD, OVER GROWTH AND NUTRITION OF THE FRUIT TREES AND SOIL CHARACTERISTICS

ABSTRACT

In the alley cropping system, management of tree prunes is an adequate mechanism to increase soil organic matter and nutrient cycling in the system, contributing with soil fertility and consequently with crops nutrition. The objectives of this work were to evaluate the effect of gliricidia, in alley cropping in a mango and soursop orchard, over nutritional and growth characters of these fruits and some physical and chemical soil characteristics. The experiments were performed in organic orchard located in Campos dos Goytacazes – RJ, Brazil, where systems of association of gliricidia rows with mango and soursop trees, as well as a reference system with only fruit trees, were established. Under experimental conditions, mango trees associated with gliricidia showed higher growth when compared to reference system area. Soil physical properties were unaltered in both systems, in a two years management period with gliricidia association.

However, green fertilization with gliricidia tended to increase or maintain soil CO, while in the reference area degradation of soil CO was verified. Management of green fertilization with gliricidia, allied to orchard fertilization with organic compost and bone meal, resulted in increased values for pH, P, K, Ca, Mg, BS and V, in all soil depths tested (0-5; 5-10 and 10-20 cm), and increment of CEC at 10-20 cm soil depth. Values for P, at 5-10 and 10-12 cm depth, and for K and Mg at 0-5 cm depth, had a more accentuated increment in the gliricidia system with higher contents due to the plant species association. Variations in nutrient foliar contents of the fruit trees, may evidence a possible influence of its growth and/or soil water deficiency, or even the occurrence of soil nutrient competition with gliricidia, especially in soursop.

Key words: Green fertilization, legume, soil fertility, organic cropping, *Gliricídia sepium*.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de desenvolver uma agricultura de bases mais ecológicas e sustentáveis torna importante estudar práticas de manejo que privilegiem o incremento de MOS. Para isso, a utilização de espécies, principalmente leguminosas, arbóreas ou arbustivas, como forma de melhorar a fertilidade natural do solo tem sido uma prática bastante comum nas regiões tropicais (Magalhães, 2000).

No sistema de cultivo em aléias, o manejo de poda das árvores é um adequado mecanismo para incrementar a MOS e a ciclagem de nutrientes no sistema (Young, 1991; Kang, 1997). Tais fatores são imprescindíveis para restabelecer ou melhorar a fertilidade do solo e para manter o sistema de produção sustentável, contribuindo para o estabelecimento e a manutenção dos produtores no mercado de forma competitiva e menos dependente de subsídios.

Espindola et al. (2004) enfatizam que o efeito da adubação verde depende da escolha de espécies de plantas mais adequadas às condições

edafoclimáticas da região, associadas ao planejamento de seu uso. Estes autores alertam também, para os cuidados em relação ao uso de fileiras de espécies perenes para adubação, como o cultivo em aléias, para que sejam evitados prejuízos decorrentes do sombreamento e da competição por água e nutrientes com a cultura principal.

Informações sobre o comportamento agrônomo de espécies arbóreas para compor este sistema são ainda bastante escassas, principalmente quando se trata de áreas ocupadas com pomares. Assim, estudos sobre cultivos em aléias consorciadas com frutíferas são importantes para poder verificar a viabilidade dessa estratégia na obtenção de um pomar sustentável no ponto de vista econômico e ambiental, uma vez que os efeitos do consórcio podem proporcionar vantagens e desvantagens sobre a cultura de interesse e sobre o solo, a médio e longo prazo.

A gliricídia é uma leguminosa arbórea, considerada de múltiplos usos e com boa adaptação às condições edafoclimáticas, apresentando alta produção de biomassa e acúmulo de nutrientes, em especial o N, em função de sua capacidade de fixar N₂ atmosférico. Vários trabalhos mostram que seu cultivo em sistema de aléias é favorável para recuperar ou melhorar a fertilidade do solo e a sustentabilidade de agrossistemas (Kang, 1997; Barreto e Fernandes 2001; Barreto et al., 2004).

Espera-se que, com a introdução da gliricídia no sistema de aléias em pomares da região norte fluminense e, por conseguinte do aporte de quantidades expressivas de biomassa ao solo através do manejo de podas periódicas, sejam obtidas melhorias na fertilidade do solo, contribuindo para a manutenção do pomar.

O estudo teve como objetivos avaliar o efeito do cultivo de gliricídia em aléias, em pomar orgânico de mangueira e de gravioleira, sobre o crescimento e a nutrição das frutíferas e sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Esta pesquisa foi realizada na mesma área de estudo descrita no primeiro capítulo, ítem 2.1.

2.2. Condução do experimento

2.2.1. Estabelecimento dos sistemas de cultivo no pomar

Foram avaliados dois sistemas de cultivos, um correspondente ao sistema em aléias de gliricídia, estabelecido dentro do pomar orgânico de mangueira e gravioleira, descrito no segundo, ítem 2.2.1 e, o outro, ao sistema referência (somente frutíferas), estabelecido em uma área de 4608 m² do pomar (Figura 1.2). Esta área, também foi subdividida em nove unidades amostrais de 512 m², das quais seis foram selecionadas, ao acaso, onde foram realizadas as amostragens e avaliações, em diferentes períodos. As seis unidades amostrais foram consideradas como repetições experimentais (n=6). Cada unidade amostral continha quatro mangueiras e quatro gravioleiras.

2.2.2. Adição de biomassa seca e de nutrientes ao solo, provenientes da poda da gliricídia

A gliricídia foi submetida a seis podas e o material podado foi distribuído em torno da área de copa das frutíferas. As podas ocorreram quando a planta atingia 2,15 m de altura, aproximadamente, e a altura de corte foi de 1 m, aproximadamente. Em cada poda foram retiradas seis amostras do material vegetal cortado, que foram pesadas no campo e levadas à estufa de circulação forçada a 65°C, por 72 h, para a estimativa da biomassa seca. Porções das amostras já secas e moídas foram submetidas às digestões sulfúrica e nitro-

perclórica (Malavolta et al., 1997). Foram determinados os teores de Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica, de S (turbidimetria de sulfatos), após digestão nitro-perclórica. O P foi determinado pelo método da vitamina C (Braga e Defelipo, 1974) e K, por espectrofotometria de chama, após digestão sulfúrica. O N total, determinado pela digestão Kjeldahl e C total, por oxidação com $K_2Cr_2O_7$ em meio ácido (Anderson e Ingram, 1996). A quantidade de nutrientes adicionada ao solo foi obtida pelo produto da biomassa seca com o teor médio dos nutrientes.

Na Tabela 3.1 encontram-se os dados de quantidade de biomassa seca e de nutrientes adicionados ao sistema, provenientes da parte aérea da gliricídia, em seis podas que foram realizadas entre junho de 2005 a abril de 2007. Estes dados correspondem ao mesmo material vegetal e análises descritas no item 2.3.2, do segundo capítulo.

Tabela 3.1: Biomassa seca e de nutrientes adicionados ao pomar de mangueira e gravioleira, em seis podas da parte aérea das gliricídias, na densidade de 625 plantas ha^{-1} , realizadas entre 06/05 a 04/07, no município de Campos dos Goytacazes-RJ ⁽¹⁾

	Poda 1	Poda 2	Poda 3	Poda 4	Poda 5	Poda 6	Total
	kg ha^{-1}						
BMS (2)	76±12	722±77	670±84	1044±121	1726±286	777±116	5015
N	1,82±0,3	16,69±1,4	15,31±1,9	24,57±2,63	41,82±6,50	18,38±3,06	118,6
P	0,14±0,02	1,28±0,11	1,18±0,15	1,89±0,20	3,22±0,50	1,41±0,24	9,12
K	0,86±0,14	7,88±0,68	7,23±0,89	11,60±1,24	19,75±3,07	8,68±1,45	56,0
Ca	0,50±0,08	4,56±0,38	4,17±0,52	6,73±0,71	11,50±1,77	5,04±0,85	32,5
Mg	0,25±0,04	2,26±0,19	2,07±0,26	3,35±0,35	5,73±0,88	2,51±0,43	16,17
S	0,13±0,02	1,24±0,12	1,15±0,14	1,81±0,20	3,02±0,49	1,34±0,21	8,69
C	32,34±5,1	307,48±33	285,41±36	444,43±51,	734,3±121	330,73±49	2135

Intervalo de confiança para média, em 95%

⁽¹⁾ Épocas de poda: junho de 2005, janeiro, março e novembro de 2006, janeiro, abril e novembro de 2007.

⁽²⁾ Biomassa seca (ramos tenros + folhas e ramos lignificados)

2.3. Coletas de campo e análises de laboratório

2.3.1. Avaliação das frutíferas

Todas as frutíferas das seis unidades amostrais, nos dois sistemas de cultivo, foram avaliadas aos 13, 22, 26, 31, 39 e 45 meses após a implantação do pomar, quanto à altura e diâmetro à altura do colo (DAC). O período de avaliação corresponde a 33 meses de estabelecimento das aléias no pomar.

2.3.2. Propriedades químicas e físicas do solo

A caracterização química do solo dos dois sistemas de cultivo foi realizada em duas épocas, outubro de 2005 e 2007 (11 e 35 meses após o estabelecimento das gliricídias no pomar). Nas seis unidades amostrais foi coletada uma amostra composta de solo, constituída de quatro amostras simples. A coleta foi feita na área sob a copa das frutíferas, a 80 cm, aproximadamente, do tronco das árvores, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 cm.

Foram feitas as seguintes determinações, conforme os métodos descritos por Embrapa (1999): pH em água; P e K extraíveis por Mehlich-1 e determinados, respectivamente, por colorimetria e fotometria de chama; Ca, Mg e Al trocáveis por KCl 1 mol L⁻¹, sendo o Ca e o Mg determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o Al, por titulação com NaOH 0,025N; H + Al, por acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0; N total, pelo método Kjeldahl e C orgânico total, por oxidação com K₂Cr₂O₇ 1,25 mol_c L⁻¹ em meio ácido (Anderson e Ingram, 1996).

Em setembro de 2007 (34 meses após o estabelecimento da gliricídia no pomar) foi realizada amostragem para as determinações da densidade de partícula pelo método do balão volumétrico, da densidade do solo (densidade aparente) pelo método do anel volumétrico, da porosidade total e de macro e microporosidade. A amostragem procedeu-se coletando uma amostra de solo/unidade amostral, sob a copa das frutíferas, a aproximadamente 80 cm do tronco das árvores, nas profundidades 0-5 e 5-10 cm. As determinações das propriedades físicas foram conforme metodologia descrita por Embrapa (1997).

2.3.3. Estado nutricional das frutíferas

Aos 24 e 33 meses após o estabelecimento das aléias no pomar (11/2006 e 08/2007), foram realizadas amostragens de folhas de mangueira e de gravioleira nos dois sistemas para avaliação do estado nutricional das frutíferas. Foi utilizada uma amostra composta, constituída por seis amostras simples.

Na amostragem foi selecionada, ao acaso, uma planta de cada frutífera nas seis unidades amostrais de cada sistema. Na mangueira foram amostradas folhas adultas, localizadas na parte mediana da copa e em todos os quadrantes da planta (1folha/quadrante), conforme recomendações de Magalhães e Borges (2000). Na gravioleira foram amostradas folhas adultas, localizadas na parte mediana do ramo e da copa da planta, retirando-se, aproximadamente, oito folhas/planta (Pinto et al., 2001).

Após a coleta, as amostras foram levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65°C, por 72 h. Posteriormente, foram trituradas em moinho tipo *Wiley*, com peneira de 20 meshes. Pequenas porções das amostras secas e moídas foram submetidas à digestão sulfúrica, para determinação dos teores de P, pelo método da vitamina C (Braga e Defelipo, 1974), de K (fotometria de chama) e de N, que foi analisado pelo método de Nessler (Jackson, 1965), e à digestão nitro-perclórica, para determinação dos teores de Ca, Mg, Mn, Fe e Zn (espectrofotometria de absorção atômica) e S (turbidimetria de sulfatos), segundo Malavolta et al. (1997).

2.4. Análise dos dados

Foram estabelecidos intervalos de confiança para comparação de médias (Cochran, 1955), considerando-se o nível de significância de 5%, e admitindo-se um tamanho de amostras representativo da população. Os gráficos foram obtidos por meio do software SigmaPlot, versão 7.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Crescimento das frutíferas

No pomar com 13 meses, um mês após a implantação das gliricídias, tanto a mangueira no sistema consorciado com a gliricídia quanto no sistema referência apresentavam um crescimento em altura e diâmetro a altura de colo (DAC) semelhantes, aproximadamente 1,3 m em altura e 3 cm em DAC (Figuras 3.1 e 3.2). Aos 45 meses, a mangueira que recebeu adubação verde através das podas da gliricídia apresentou maior altura e DAC em relação à mangueira testemunha. Os valores situavam-se em torno de 3,0 m de altura e 9,5 cm de DAC no sistema com gliricídia e de 2,5 m e 8 cm no sistema referência.

A partir dos 22 meses, as mangueiras já apresentavam DAC diferenciados entre as áreas, sendo os maiores valores observados na área onde foram plantadas as gliricídias (Figura 3.2). Esta diferença passou a ser mais acentuada com o tempo de manejo da leguminosa no pomar. Isto é um indicativo de que não houve, no período avaliado, competição entre as gliricídias e as mangueiras e que o consórcio favoreceu o crescimento da parte aérea.

Ao longo do tempo do cultivo, as aléias de gliricídia contribuíram favoravelmente para o crescimento em altura e DAC das mangueiras.

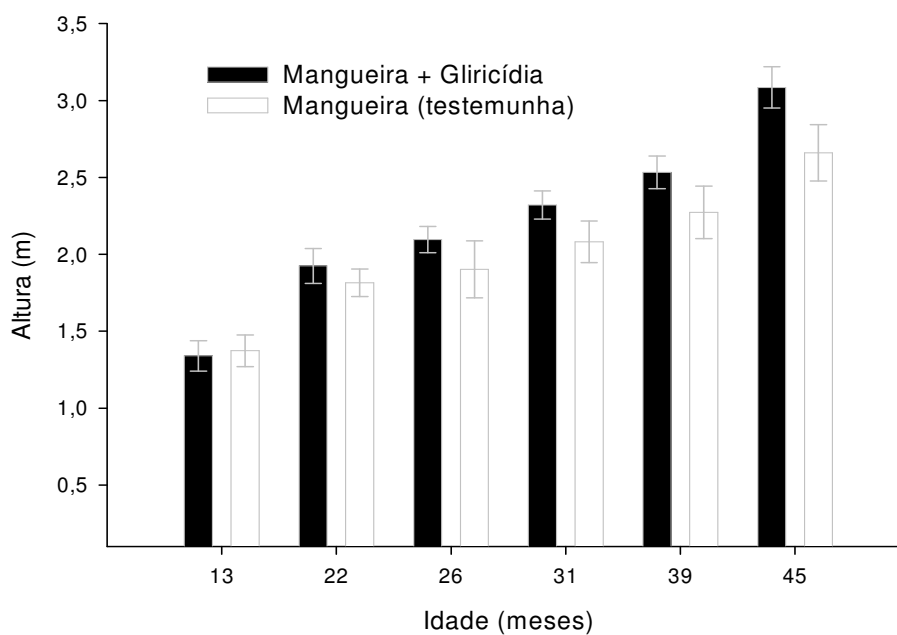


Figura 3.1: Altura das mangueiras nos sistemas com adubação verde (mangueira + gliricídia) e sem adubação verde (testemunha).

Primeira medição feita um mês após o estabelecimento das gliricídias.
As barras verticais correspondem ao limite de confiança para média, em 5%.

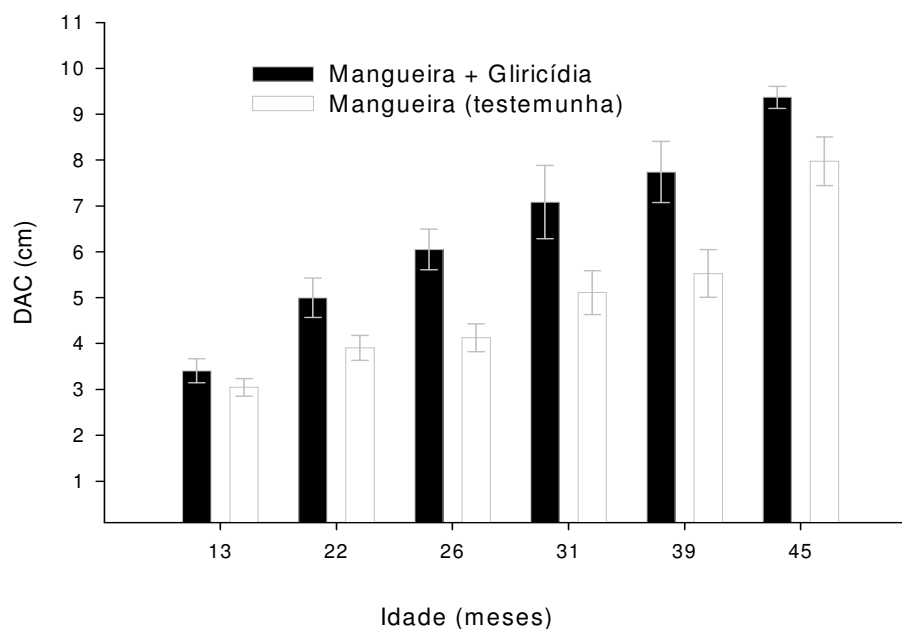


Figura 3.2: Diâmetro à altura do colo (DAC) das mangueiras nos sistemas com adubação verde (mangueira + gliricídia) e sem adubação verde (testemunha).

Primeira medição feita um mês após o estabelecimento das gliricídias.
As barras verticais correspondem ao limite de confiança para média, em 5%.

Nos dois sistemas de cultivo, as gravioleiras apresentaram diferenças em altura e DAC somente na avaliação inicial (Figuras 3.3 e 3.4).

Quanto ao crescimento em DAC das gravioleiras, pode-se observar, ao longo do tempo, que os incrementos nos valores de DAC nas gravioleiras testemunhas foram mais acentuados, superando os valores das gravioleiras consorciadas com gliricídia, reduzindo as diferenças inicialmente apresentadas. Avaliações futuras talvez demonstrem a existência de competição, com interferência das gliricídias sobre o crescimento desta frutífera.

Um dos fatores que pode ter contribuído para tais resultados é o espaçamento utilizado no estabelecimento das aléias, que provavelmente foi pequeno, resultando em competição entre gliricídias e gravioleiras por recursos do ambiente como luz, água, nutrientes e espaço. Talvez, a gravioleira apresente menor capacidade de competir com a gliricídia por estes recursos do que a mangueira, o que poderia explicar a diferença de comportamento das duas frutíferas estudadas.

Conforme Ramos et al. (2001), a gravioleira é muito sensível às condições de clima e solo, em especial à falta de água. Este fator deve ter afetado o crescimento das plantas, pois o pomar teve problemas no sistema de irrigação e houve períodos longos de estiagem (Figura 1.1). De acordo com Brito (2001), no sistema de aléias, em condições áridas e semi-áridas, a competição pela água é considerada mais importante do que o sombreamento.

De acordo com Calegari et al. (1993), as espécies de adubo verde em associação com culturas perenes não devem ser muito agressivas e cuidados são necessários, a fim de evitar prejuízos decorrentes do sombreamento e da competição por água e nutrientes com a cultura principal. O espaçamento utilizado no sistema em aléias, por exemplo, é um dos fatores que refletem na competição entre plantas, contudo, a realização de podas complementares poderá atenuar esse efeito (Barreto e Fernandes, 2001).

Barreto e Fernandes (2001) relataram que aléias de gliricídia e leucena, no espaçamento 3 x 1 m, exerceram competição com a cultura da mandioca na entrelinha, tendo observado efeitos mais pronunciados de competição na leucena.

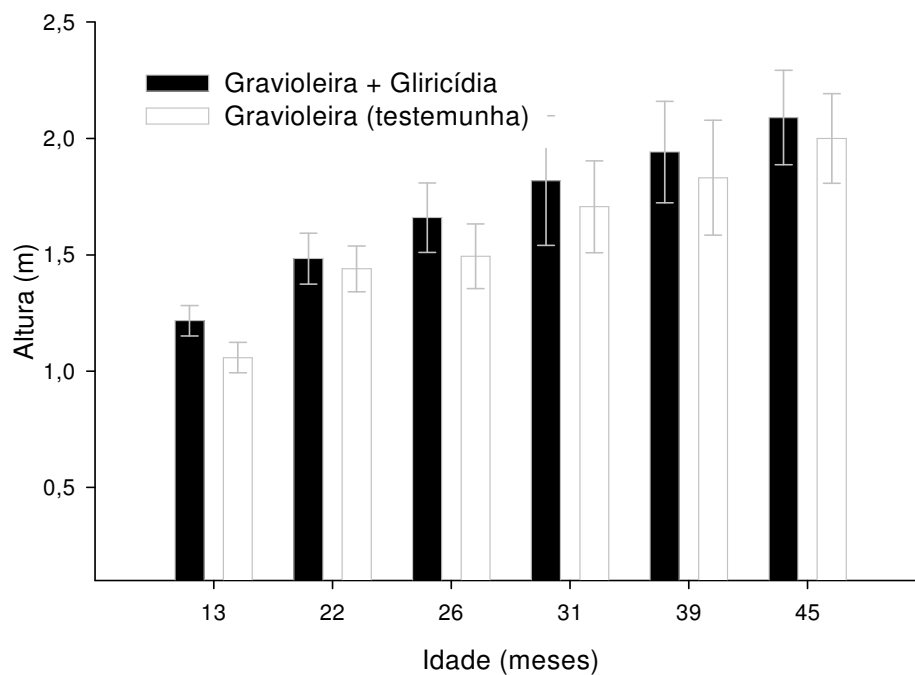


Figura 3.3: Altura da gravioleira nos sistemas com adubação verde (gravioleira + gliricídia) e sem adubação verde (testemunha).

Primeira medição feita um mês após o estabelecimento das gliricídias.
As barras verticais correspondem ao limite de confiança para média, em 5%.

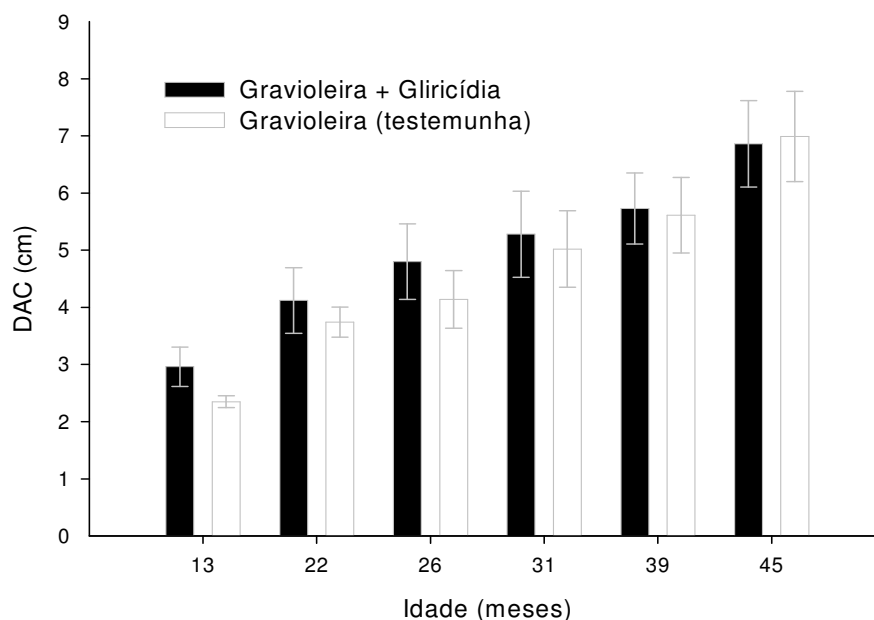


Figura 3.4: Diâmetro à altura do colo (DAC) da gravioleira nos sistemas com adubação verde (gravioleira + gliricídia) e sem adubação verde (testemunha).

Primeira medição feita um mês após o estabelecimento das gliricídias.
As barras verticais correspondem ao limite de confiança para média, em 5%.

3.2. Propriedades físicas e químicas do solo

Densidade aparente e porosidade

Aos 34 meses após a implantação dos sistemas, não foram observadas diferenças entre os sistemas de cultivos, para as propriedades físicas do solo, densidade aparente, porosidade total, macro e microporosidade (Tabela 3.2). Contudo, observa-se que os valores médios de tais propriedades são mais favoráveis no sistema que recebeu adubação verde, uma vez que os valores de densidade aparente foram menores e os valores de porosidade total, macro e microporos foram maiores em relação ao sistema sem adubação verde.

Também, as propriedades não diferiram nas duas profundidades no mesmo sistema. Contudo, a camada de solo mais superficial, de 0-5 cm, tende a apresentar menor densidade e maior porosidade total e macroporos, em relação à profundidade de 5-10 cm, nos dois sistemas avaliados.

Nascimento et al. (2005), ao avaliarem o efeito de diversas leguminosas, dentre elas a leucena, nas propriedades físicas e C orgânico de um Luvisolo, não constataram alterações na densidade, na porosidade total do solo, bem como no teor de C orgânico em relação à testemunha, no decorrer de três anos de avaliação. No presente trabalho, também não foram observadas alterações significativas no C do solo, sob manejo da adubação verde, em dois anos de avaliação (Tabela 3.3).

Tabela 3.2: Propriedades físicas do solo, em duas profundidades, em dois sistemas de cultivo, 34 meses após o plantio das gliricídias manejadas por podas periódicas, no município de Campos dos Goytacazes-RJ

Sistema	Profundidade (cm)	Densidade aparente mg m^{-3}	Porosidade		
			total	Microporos	Macroporos
			$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$		
frutíferas + gliricídia	0 – 5	1,47±0,17 aA	0,43±0,07 aA	0,21±0,02 aA	0,22±0,06 aA
	5 – 10	1,62±0,7 aA	0,37±0,03 aA	0,20±0,03 aA	0,17±0,04 aA
frutíferas (testemunha)	0 – 5	1,56±0,07 aA	0,37±0,03 aA	0,23±0,02 aA	0,14±0,04 aA
	5 – 10	1,64±0,06 aA	0,34±0,02 aA	0,22±0,01 aA	0,11±0,03 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula em uma mesma profundidade e coluna não diferem pelo intervalo de confiança, em 95% (n=6)

Médias seguidas de mesma letra maiúscula em uma mesma coluna e sistema não diferem pelo intervalo de confiança, em 95% (n=6)

Sabe-se que melhorias nas propriedades físicas do solo demandam mais tempo para serem detectadas, em relação às propriedades químicas. Assim, espera-se que o uso contínuo deste manejo possa contribuir para o aumento da porosidade e conseqüente redução da densidade do solo.

Pôde-se observar, visualmente, que a aplicação do material podado em torno da área de copa contribuiu para o controle da vegetação espontânea e, ao manusear o solo, na camada mais superficial, pode-se inferir que esse material contribuiu para a conservação da umidade no solo por um período mais longo de tempo. Tudo isso, provavelmente, favoreceu a atividade biológica do solo em relação ao solo referência.

Propriedades químicas e efeito da adubação verde no tempo

A Tabela 3.3 mostra que, com o tempo, houve melhorias nas propriedades químicas da fertilidade do solo sob pomar consorciado com gliricídia e, de forma mais acentuada, em menores profundidades. Ao comparar a fertilidade do solo inicial (out./2005) com a final (out./2007), verifica-se que houve aumentos significativos nos valores de pH e nos teores de P, K, Ca, Mg no solo. A elevação dos teores de Ca + Mg proporcionou aumentos significativos nos valores de soma de bases (SB) e, conseqüentemente nos valores de capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V). A elevação do pH e da saturação por bases indicam redução na participação da H + Al na capacidade de troca catiônica do solo (CTC), observando-se redução da acidez potencial (H+ Al) do solo nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm.

Contudo, deve-se salientar que a elevação destas propriedades não foi somente em função da adubação verde proporcionada pelas podas das aléias de gliricídia, uma vez que também foram observados aumentos significativos nos valores de pH, P, K, Ca e SB no sistema referência (Tabela 3.4). O manejo de todo o pomar com adubação orgânica, por meio da aplicação de composto orgânico e farinha de carne e ossos, aplicados em doses semelhantes em todas as plantas, influenciou nos resultados, principalmente nos valores de pH e teores de P e Ca, tanto no sistema com gliricídia (Tabela 3.3) quanto no sistema referência (Tabela 3.4). O aumento destas propriedades no solo foi devido, principalmente, à adubação orgânica com farinha de carne e ossos, que apresenta em sua composição altos teores de P e Ca.

Tabela 3.3: Propriedades químicas de fertilidade do solo no sistema de cultivo frutíferas + gliricídia, em três profundidades e duas em épocas (11 e 35 meses após o estabelecimento das gliricídias no pomar), no município de Campos dos Goytacazes-RJ

Propriedade	Profundidade (cm)	Outubro/2005	Outubro/2007
Ph	0-5	5,65±0,26	7,10±0,21 *
	5-10	5,35±0,20	6,94±0,05 *
	10-20	5,20±0,27	6,76±0,20 *
P (mg dm ⁻³)	0-5	14,98±4,59	159,75±52,25 *
	5-10	7,70±1,75	138,40±43,17 *
	10-20	7,23±2,49	79,80±21,91 *
K (cmol _c dm ⁻³)	0-5	0,06±0,01	0,32±0,04 *
	5-10	0,03±0,0	0,18±0,04 *
	10-20	0,04±0,1	0,13±0,02 *
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0-5	1,46±0,25	3,65±0,52 *
	5-10	1,62±0,35	2,92±0,50 *
	10-20	1,21±0,18	2,75±0,46 *
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0-5	0,71±0,10	1,60±0,31 *
	5-10	0,64±0,12	1,18±0,10 *
	10-20	0,58±0,04	1,12±0,17 *
C _{total} (%)	0-5	0,87±0,15	1,05±0,21 ^{ns}
	5-10	0,83±0,02	0,83±0,15 ^{ns}
	10-20	0,84±0,16	0,60±0,11 ^{ns}
N _{total} (g kg ⁻¹)	0-5	1,15±0,05	1,20±0,10 ^{ns}
	5-10	1,12±0,09	0,92±0,05 *
	10-20	1,22±0,16	0,89±0,09 *
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	0-5	1,56±0,43	1,30±0,23 ^{ns}
	5-10	2,86±0,69	1,40±0,26 *
	10-20	3,33±0,64	1,82±0,16 *
SB (cmol _c dm ⁻³)	0-5	2,33±0,38	5,71±0,78 *
	5-10	2,39±0,40	4,41±0,57 *
	10-20	1,90±0,18	4,09±0,59 *
CTC (cmol _c dm ⁻³)	0-5	3,89±0,74	7,01±0,43 *
	5-10	5,25±0,52	5,81±0,26 ^{ns}
	10-20	5,23±1,38	5,91±0,60 ^{ns}
V (%)	0-5	59,91±19,47	81,45±4,03 *
	5-10	45,53±10,58	75,90±4,93 *
	10-20	36,31±11,65	69,20±3,65 *

* Médias na mesma linha que diferem pelo intervalo de confiança, em 95% (n=6)

^{ns} Médias na mesma linha não se diferem pelo intervalo de confiança, em 95% (n=6)

Tabela 3.4: Propriedades químicas de fertilidade do solo no sistema referência (frutíferas), em três profundidades e duas em épocas (11 e 35 meses após o estabelecimento das gliricídias no pomar), no município de Campos dos Goytacazes-RJ

Propriedade	Profundidade (cm)	Outubro/2005	Outubro/2007
pH	0-5	5,85±0,14	7,36±0,27 *
	5-10	5,59±0,20	7,15±0,08 *
	10-20	5,48±0,22	6,98±0,18 *
P (mg dm ⁻³)	0-5	15,14±2,08	126,17±49,0 *
	5-10	15,45±1,93	51,83±13,82 *
	10-20	14,90±2,26	29,50±8,63 *
K (cmol _c dm ⁻³)	0-5	0,06±0,01	0,21±0,04 *
	5-10	0,05±0,01	0,14±0,04 *
	10-20	0,06±0,00	0,11±0,02 *
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0-5	2,13±0,29	4,02±0,61 *
	5-10	2,26±0,35	3,22±0,53 *
	10-20	2,05±0,13	2,93±0,65 *
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0-5	1,18±0,05	1,23±0,05 ^{ns}
	5-10	1,10±0,07	1,21±0,19 ^{ns}
	10-20	1,10±0,10	0,99±0,07 ^{ns}
C _{total} (%)	0-5	1,21±0,12	0,94±0,16 ^{ns}
	5-10	1,24±0,20	0,76±0,09 *
	10-20	1,08±0,18	0,69±0,13 *
N _{total} (g kg ⁻¹)	0-5	1,23±0,09	1,06±0,12 ^{ns}
	5-10	1,24±0,20	1,10±0,13 ^{ns}
	10-20	1,27±0,05	0,97±0,06 *
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	0-5	0,87±0,10	1,20±0,28 ^{ns}
	5-10	1,54±0,38	1,68±0,21 ^{ns}
	10-20	1,72±0,33	1,88±0,46 ^{ns}
SB (cmol _c dm ⁻³)	0-5	3,42±0,33	5,28±0,59 *
	5-10	3,45±0,40	4,64±0,19 *
	10-20	3,26±0,23	4,09±0,67 ^{ns}
T (cmol _c dm ⁻³)	0-5	4,29±0,18	6,48±0,41 *
	5-10	4,99±1,24	6,32±1,12 ^{ns}
	10-20	4,98±0,27	5,96±0,26*
V (%)	0-5	79,64±3,75	81,47±4,92 ^{ns}
	5-10	69,11±16,78	73,42±4,14 ^{ns}
	10-20	65,46±4,63	68,56±5,24 ^{ns}

* Médias na mesma linha que diferem pelo intervalo de confiança, em 95% (n=6)

^{ns} Médias na mesma linha não se diferem pelo intervalo de confiança, em 95% (n=6)

Pires (2007) observou aumentos significativos nos valores de pH do solo com a aplicação de adubos orgânicos em lavoura de maracujá. O autor verificou que a adubação com farinha de carne e ossos proporcionou os maiores aumentos nos teores de P. Também Moreti et al. (2007) relataram aumentos no pH e nos teores da maioria dos nutrientes do solo que recebeu adubação orgânica com

esterco de galinha em relação ao solo que recebeu adubação verde com crotalária e milheto, que não alteraram as propriedades químicas do solo.

Não houve aumentos significativos nos teores de C e, conseqüentemente, nos teores de MOS do sistema consorciado com gliricídia (Tabela 3.3). Contudo, espera-se que, com o tempo, os valores apresentem elevação, uma vez que com a adoção do manejo orgânico do solo, os resultados são cumulativos. Mas, ao comparar o C total nos dois sistemas (Tabelas 3.3 e 3.4), observa-se que no sistema com gliricídia há uma tendência de aumento do C no solo, enquanto que no sistema referência tende à redução. Provavelmente, a adição ao solo do material de poda da gliricídia, principalmente de galhos mais lignificados, tem contribuído para manter e/ou elevar o teor de C no solo, enquanto que no sistema referência está ocorrendo degradação deste. Moreti et al. (2007), também não observaram diferenças nos teores de MOS entre os tratamentos de adubação orgânica com esterco de galinha, adubação verde e testemunha.

Esperava-se que o manejo da adubação verde com gliricídia proporcionasse aumentos nos teores de N do solo, contudo, isto não foi observado (Tabela 3.3). Na camada superficial, esse valor foi mantido e nas camadas mais profundas houve redução de N ao longo do tempo, mesmo com as podas periódicas da gliricídia, com a conseqüente adição ao solo de material muito rico em N.

Geralmente, um dos efeitos esperados da adubação verde com leguminosas é a elevação dos teores de N no solo, devido à fixação biológica de N_2 do ar, refletindo na adição de resíduos ricos em N. Contudo, a não detecção de aumentos de N no solo pode estar relacionado à sua utilização pelas frutíferas ou perdas por lixiviação ou volatilização.

Marroquín et al. (2005) não observaram incrementos do N e da MOS em resposta à adição ao solo da biomassa de gliricídia (6670 plantas ha^{-1}), independente do regime de podas ao qual as plantas foram submetidas, em seis meses. Para os autores, a ausência de variação em tais propriedades deve-se ao curto período de tempo para que a biomassa adicionada ao solo fosse decomposta, uma vez que a amostragem de solo foi realizada dois meses após a última poda.

Em solo de tabuleiro, Barreto e Fernandes (2001) não observaram aumentos nos teores de MO e nos valores da CTC com a incorporação ao solo da

biomassa podada de gliricídias cultivadas em aléias, ao longo de três anos. Por outro lado, verificou-se que esta prática elevou o pH e os teores de Ca e de Mg. Observaram, também, redução na densidade do solo e elevação da macroporosidade em resposta à adição das leguminosas. Os efeitos foram mais pronunciados em menores profundidades (0-5 e 5-10 cm para propriedades químicas e 0-15 cm para as físicas).

Houve diferenças nas propriedades químicas do solo entre as áreas dos dois sistemas de cultivo (Tabela 3.5). Na avaliação inicial (2005), 11 meses após o estabelecimento das gliricídias, as duas áreas apresentavam diferenças significativas para a maioria das propriedades. Nesta avaliação inicial, observam-se valores mais elevados para maioria das propriedades do solo no sistema referência em relação ao sistema com gliricídia, exceto para acidez potencial (H+Al). Contudo, na avaliação de 2007, 35 meses após o estabelecimento das gliricídias, o solo do sistema que recebeu adubação verde apresentou valores maiores de K e Mg na profundidade de 0-5 cm e de P nas profundidades de 5-10 cm e de 10-20 cm. Para as demais propriedades, apesar das alterações ocorridas no tempo (Tabelas 3.3, 3.4 e 3.5), não foram percebidas diferenças em função dos tratamentos, ao final de dois anos, o que indica mais uma vez a influência do consórcio, uma vez que várias propriedades igualaram-se no tempo.

Por três anos, Faria et al. (2007) avaliaram o efeito de adubos verdes associados à calagem e adubação mineral e orgânica no solo cultivado com melão. Constataram elevação do pH, independente dos tratamentos, tendo observado valores entre 7,2 a 7,5, enquanto o pH inicial era de 5,8. Tal fato foi relacionado à calagem e ao uso de esterco de curral. Também, no presente trabalho, o pH inicial, na profundidade 0-5 cm, que era de 5,6 a 5,8, passou para 7,1 a 7,3, nos sistemas com gliricídia e referência, respectivamente (Tabela 3.5), porém, tal resultado, provavelmente, está relacionado à adubação orgânica do pomar. Faria et al. (2007) também constataram que os adubos verdes promoveram aumentos significativos em Ca, CTC, K trocáveis e MOS, na profundidade de 0-10 cm. Neste trabalho foi observado no sistema com gliricídia maior incremento em K e Mg ao longo do tempo, na profundidade de 0-5 cm.

Tabela 3.5: Propriedades químicas de fertilidade do solo em dois sistemas de cultivo (com e sem adubação verde, em três profundidades e duas épocas (11 e 35 meses após o estabelecimento das gliricídias no pomar), no município de Campos dos Goytacazes-RJ

Propriedade	Profundidade (cm)	Outubro/2005		Outubro/2007	
		frutíferas + Gliricídia	frutíferas (referência)	frutíferas + gliricídia	frutíferas (referência)
pH	0-5	5,65±0,26	5,85±0,14	7,10±0,21	7,36±0,27
	5-10	5,35±0,20	5,59±0,20	6,94±0,05 *	7,15±0,08
	10-20	5,20±0,27	5,48±0,22	6,76±0,20	6,98±0,18
P (mg dm ⁻³)	0-5	14,98±4,59	15,14±2,08	159,75±52,25	126,17±49,0
	5-10	7,70±1,75 *	15,45±1,93	138,40±43,17 *	51,83±13,82
	10-20	7,23±2,49 *	14,90±2,26	79,80±21,91 *	29,50±8,63
K (cmol _c dm ⁻³)	0-5	0,06±0,01	0,06±0,01	0,32±0,04 *	0,21±0,04
	5-10	0,03±0,0 *	0,05±0,01	0,18±0,04	0,14±0,04
	10-20	0,04±0,1*	0,06±0,00	0,13±0,02	0,11±0,02
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0-5	1,46±0,25*	2,13±0,29	3,65±0,52	4,02±0,61
	5-10	1,62±0,35	2,26±0,35	2,92±0,50	3,22±0,53
	10-20	1,21±0,18 *	2,05±0,13	2,75±0,46	2,93±0,65
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0-5	0,71±0,10 *	1,18±0,05	1,60±0,31 *	1,23±0,05
	5-10	0,64±0,12 *	1,10±0,07	1,18±0,10	1,21±0,19
	10-20	0,58±0,04 *	1,10±0,10	1,12±0,17	0,99±0,07
C _{total} (%)	0-5	0,87±0,15 *	1,21±0,12	1,05±0,21	0,94±0,16
	5-10	0,83±0,02 *	1,24±0,20	0,83±0,15	0,76±0,09
	10-20	0,84±0,16	1,08±0,18	0,60±0,11	0,69±0,13
N _{total} (g kg ⁻¹)	0-5	1,15±0,05	1,23±0,09	1,20±0,10	1,06±0,12
	5-10	1,12±0,09	1,24±0,20	0,92±0,05	1,10±0,13
	10-20	1,22±0,16	1,27±0,05	0,89±0,09	0,97±0,06
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	0-5	1,56±0,43 *	0,87±0,10	1,30±0,23	1,20±0,28
	5-10	2,86±0,69 *	1,54±0,38	1,40±0,26	1,68±0,21
	10-20	3,33±0,64 *	1,72±0,33	1,82±0,16	1,88±0,46
SB (cmol _c dm ⁻³)	0-5	2,33±0,38 *	3,42±0,33	5,71±0,78	5,28±0,59
	5-10	2,39±0,40 *	3,45±0,40	4,41±0,57	4,64±0,19
	10-20	1,90±0,18 *	3,26±0,23	4,09±0,59	4,09±0,67
T (cmol _c dm ⁻³)	0-5	3,89±0,74	4,29±0,18	7,01±0,43	6,48±0,41
	5-10	5,25±0,52	4,99±1,24	5,81±0,26	6,32±1,12
	10-20	5,23±1,38	4,98±0,27	5,91±0,60	5,96±0,26
V (%)	0-5	59,91±19,47	79,64±3,75	81,45±4,03	81,47±4,92
	5-10	45,53±10,58	69,11±16,78	75,90±4,93	73,42±4,14
	10-20	36,31±11,65*	65,46±4,63	69,20±3,65	68,56±5,24

* As médias entre os dois sistemas de cultivo, na mesma linha, diferem pelo intervalo de confiança, em 95%, para cada época de avaliação (n=6)

No submédio do São Francisco, em Petrolina-PE, Faria et al. (2004) relataram que a adubação verde com *Crotalaria juncea* e feijão-de-porco em plantios de uva promoveu melhoria nas propriedades químicas do solo na profundidade de 0-10cm, aumentando os teores de MO, de Ca trocável e da CTC

do solo. Contudo, constataram que a produção de biomassa das leguminosas foi reduzida com o tempo de consórcio e que, em seis anos de avaliação, não foram observados efeitos da adubação verde sobre a produtividade e a qualidade de uva.

3.3. Estado nutricional das frutíferas

Com relação à nutrição das frutíferas avaliadas aos 18 e 27 meses após o estabelecimento das gliricídias no pomar, comparando os teores foliares na mangueira obtidos neste trabalho com os descritos por Magalhães e Borges (2000), observa-se que as mangueiras, nos dois sistemas, tanto na primeira quanto na segunda avaliação, mostraram-se com teores foliares adequados ou médios para a maioria dos nutrientes (Tabela 3.6).

Nos dois sistemas, os teores foliares de N, P, K e S nas mangueiras, na segunda avaliação, foram menores do que os observados na primeira avaliação, exceto para K, na área de referência.

O teor foliar de N nas mangueiras nas duas avaliações foi considerado fora da faixa do considerado adequado, encontrando-se na faixa do médio nos dois sistemas, exceto na área de referência na segunda avaliação. Segundo Magalhães e Borges (2000), o teor foliar médio de N para essa frutífera encontra-se na faixa de 10 - 11,9 g kg⁻¹ e, teor abaixo de 8 g kg⁻¹ é considerado deficiente.

O teor de K nas mangueiras dos dois sistemas e nas duas avaliações foi considerado adequado, exceto da área de referência a segunda avaliação. O teor de Ca nas mangueiras consorciadas com gliricídia nas duas avaliações foram inferiores ao da área de referência, sendo que na primeira avaliação foi considerado baixo, de acordo com a faixa descrita por Magalhães e Borges (2000), que é de 15 - 20 g kg⁻¹ de Ca e na segunda avaliação foi considerado médio. Uma vez que o solo apresentava teores de Ca considerados de médio a bom (Tabela 3.5), de acordo com a classe de interpretação de fertilidade do solo de Alvarez V. et al. (1999), o baixo teor de Ca na mangueira consorciada com gliricídia pode estar relacionado à deficiência de água no solo, dificultando a sua absorção pela planta ou pelo efeito de diluição de Ca, em função do maior crescimento das plantas no sistema consorciado. De acordo com Fernandes e Nascimento (2004), quando a umidade do solo é baixa, pode haver redução no teor de Ca na mangueira.

Na segunda avaliação, os teores de K, Mg e S foram menores nas mangueiras com adubação verde, do que as da área de referência (Tabela 3.6). Isto pode estar relacionado ao efeito de diluição destes nutrientes nos tecidos foliares da mangueira que recebeu adubação verde, pois neste sistema as plantas apresentaram um maior crescimento em relação às da área de referência (Figuras 3.1 e 3.2).

Nas duas avaliações, os teores foliares de Fe, Mn nas mangueiras foram considerados adequados nos dois sistemas e de Zn considerado médio, exceto para a referência na segunda avaliação, que foi baixo (Magalhães e Borges, 2000).

Tabela 3.6: Análise foliar das mangueiras, em dois sistemas de cultivo (com e sem adubação verde), no município de Campos dos Goytacazes-RJ

Data	Sistema	Macronutriente						Micronutriente		
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn
		-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----		
11/2006 (¹)	frutíferas + gliricídia	11,19	1,40	9,28	16,62	2,48	1,91	143,77	174,81	18,91
	Frutíferas (referência)	11,95	1,17	3,97	24,48	3,63	2,41	183,01	106,08	18,16
08/2007 (²)	frutíferas + gliricídia	10,45	1,26	6,83	20,34	3,12	1,71	193,08	153,40	17,17
	frutíferas (referência)	9,62	1,09	9,93	24,08	3,23	1,79	136,63	102,18	13,89

(¹) 18 meses de manejo da adubação verde

(²) 27 meses de manejo da adubação verde

Com relação à nutrição da gravioleira, comparando os teores foliares obtidos neste trabalho com a faixa dos teores considerados adequados descritos por Manica (1994), observa-se que as gravioleiras nos dois sistemas, tanto na primeira quanto na segunda avaliação mostraram-se com teores foliares de N e K muito abaixo da faixa considerada adequada (Tabela 3.7), de 24,9 a 28,4 g kg⁻¹ de N e de 26,1 a 26,4 g kg⁻¹ de K (Manica, 1994).

Esperava-se que as gravioleiras que receberam o material podado da gliricídia apresentassem um estado nutricional melhor do que aquelas do sistema referência. Os baixos teores de N e K nas folhas de gravioleiras do sistema com gliricídia pode estar relacionado à competição entre esta frutífera e a leguminosa

por estes nutrientes. Por outro lado, o N adicionado ao solo com as podas da gliricídia, pode ter sofrido perdas por lixiviação e/ou volatilização. O K também pode ter saído do sistema por lixiviação, uma vez que este nutriente é muito móvel no solo. Contudo, pode-se considerar que, como o crescimento da gravioleira consorciada com gliricídia está sendo afetado, é provável que esteja havendo competição por nutrientes.

Tabela 3.7: Análise nutricional foliar da gravioleira em dois sistemas de cultivo (com e sem adubação verde), no município de Campos dos Goytacazes-RJ

Data	Sistema	Macronutriente					Micronutriente			
		N	P	K	Ca	MG	S	Fe	Mn	Zn
		-----g kg ⁻¹ -----					-----mg kg ⁻¹ -----			
11/2006 (¹)	Frutíferas + gliricídia	18,58	2,27	17,78	14,11	3,08	1,86	115,30	29,62	12,59
	Frutíferas (referência)	19,93	2,33	9,02	20,22	4,02	2,28	272,67	47,13	141,98
08/2007 (²)	Frutíferas + gliricídia	16,73	1,52	9,69	21,03	3,59	1,71	211,39	32,76	11,77
	frutíferas (referência)	13,40	1,49	7,74	23,00	3,39	1,73	160,21	19,54	10,25

(¹) 18 meses de manejo da adubação verde

(²) 27 meses de manejo da adubação verde

Os teores de P, Ca e S foram considerados adequados, conforme classificação de Manica (1994). Porém o teor de Ca nas gravioleiras do sistema com gliricídia apresentou valor abaixo do observado na área de referência.

Na literatura não há informação sobre os teores adequados dos micronutrientes Fe, Mn e Zn em gravioleira.

Coelho et al. (2006) relataram que a gliricídia proporcionou efeitos positivos na adubação nitrogenada da cultura do café consorciado com bananeiras, em sistema de produção orgânica. Nesse sistema, foi observado nas folhas do cafeeiro teor de N acima do nível crítico, quando comparado ao café cultivado somente com bananeira. Para os autores, o manejo da poda neste sistema é mais importante no sentido de melhorar as condições de luminosidade do cafezal, estimular a sua floração e reduzir o surgimento de doenças fúngicas do que para otimizar a nutrição nitrogenada da cultura.

Aumentos na altura das bananeiras, na produtividade e na proporção de cachos colhidos, antecipação na colheita e maiores teores de N nas folhas de bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes foram observados por Espindola et al.(2006a).

Em um sistema em aléias de gliricídia, no espaçamento 6 x 1 m, Marin et al. (2006) observaram que o milho cultivado nas posições mais próximas às fileiras de gliricídia apresentaram maior produção de grãos e de palha, bem como maior acúmulo de nutrientes. Isto foi devido ao fato de que nas posições mais próximas às aléias havia maior concentração de biomassa seca proveniente da queda natural do folheto. Entretanto, os autores relataram produção abaixo do esperado para a cultura do milho na região em que foi realizado o trabalho.

Segundo Young (1991), no sistema de cultivo em aléias os resultados são cumulativos e as avaliações devem ser realizadas ao longo dos anos para caracterizar seus benefícios, inclusive relacionados a ganhos em produtividade das culturas de interesse econômico.

Assim, o sistema de cultivo em aléias de gliricídia consorciada com a mangueira e a gravioleira deve ser avaliado ao longo do tempo, para verificação de possíveis efeitos de competição entre a leguminosa e as frutíferas.

4. CONCLUSÕES

O cultivo em aléias de gliricídia no pomar foi favorável ao crescimento em altura e DAC da mangueira.

Não houve diferenças nas propriedades físicas do solo entre os sistemas.

A adubação verde com gliricídia tende a contribuir para elevar ou manter o carbono orgânico no solo, enquanto que no sistema referência verificou-se ocorrência de degradação.

Em dois anos de manejo da gliricídia no pomar, verifica-se uma tendência de melhoria nas propriedades químicas do solo em função da adubação verde com gliricídia.

Os valores de P, nas profundidades 5-10 e 10-20 cm, e de K e Mg, na profundidade 0-5 cm do solo, tiveram incremento mais acentuado no sistema com gliricídia, em relação ao solo referência, resultando em teores mais elevados em função do consórcio.

Os teores foliares de nutrientes foram influenciados pelo crescimento das frutíferas ou deficiência hídrica do solo, ou ainda, pela competição com a gliricídia pelos nutrientes do solo, especialmente, a gravioleira.

Aos 18 meses após o início do manejo de adubação verde com gliricídia as folhas das mangueiras apresentaram baixos teores de Ca, no sistema consorciado, enquanto que no sistema de referência foi médio. Aos 27 meses, apresentaram teores médios de N, no sistema consorciado e no de referência, baixo.

Aos 18 e aos 27 meses, após o início da adubação verde, nas gravioleiras, nos dois sistemas, foram observadas deficiências foliares de N e K.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarez V., V.H.; Novais, R.F.; Barros, N.F.; Cantarutti, R.B.; Lopes, A.S. (1999) Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V., V.H. (eds) *Recomendação para Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação*. CFSEMG, Viçosa-MG, p. 25-32.

Anderson, J.D.; Ingram, J.S.I. (1996) *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2. ed. Wallingford: UK CAB International, 171p.

Barreto, A.C.; Fernandes, M.F. (2001) Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.36, n.10, p.1287-1293.

Barreto, A.C.; Fernandes, M.F.; Carvalho Filho, O.M. (2004) Cultivo de alamedas de gliricídia (*Gliricidia sepium*) em solos dos tabuleiros costeiros. *Circular Técnica*, n.36. Embrapa, Aracaju-SE. 4p.

Braga, J.M.; Defelipo, B.V. (1974) Determinação de espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *Revista Ceres*, v.21, n.113, p.73-85.

Brito, D.R. (2001) Importância do sistema de aléias em cultivos dependentes de chuvas. *3^o Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido*, Petrolina, PE.

Calegari, A.; Mondardo, A.; Busilani, E.A.; Wildner, L.P.; Costa, M.B.B.; Alcântara, P.B.; Miyasaka, S.; Amado, T.J.C. (1993) *Adubação verde no Sul do Brasil*. Coordenação: COSTA, M.B.B. 2^a ed, Rio de Janeiro: AS-PTA, 346p.

Cochran, W. G. (1955) *Técnicas de amostragem*. Rio de Janeiro. Fundo de Cultura, 555p.

Coelho, R. A.; Silva, G.T.A.; Ricci, M.S.F.; Resende, A.S. (2006) Efeito de leguminosa arbórea na nutrição nitrogenada do cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre ex Froehn) consorciado com bananeira em sistema orgânico de produção. *Coffee Science*, v.1, n.1, p.21-27.

Embrapa (1997) *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: CNPS, 212p.

Embrapa (1999) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Brasília-DF, 370p.

Espindola, J.A.A.; Almeida, D.L. de; Guerra, J.G.M. (2004) Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica. *Documentos*, n.174, Embrapa-Agrobiologia, 14p.

Espindola, J.A.A.; Guerra, J.G.M.; Perin, A.; Teixeira, M.G.; Almeida, D.L.; Urquiaga, S.; Busquet, R.N.B.B. (2006a) Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.41, n.3, p.415-420.

Faria, C. M. B.; Soares, J. M.; Leão, P.C.S. (2004) Adubação verde com leguminosas em videira no Submédio São Francisco. *Rev. Brasileira de Ciência Solo*, v.28, p.641-648.

Faria, C.M.B.; Costa, N.D.; Faria, A.F. (2007) Atributos químicos de um argissolo e rendimento de melão mediante o uso de adubos verdes, calagem e adubação. *Rev. Brasileira de Ciência do solo*, 31:299-307.

Fernandes, F.M.; Nascimento, V.M. (2004) Fertilidade do solo e nutrição da mangueira. In: Rozane, D.E. et al. (Eds). *Manga-produção integrada, industrialização e comercialização*. Viçosa-MG, UFV, p.179-198.

Jackson, M.L. (1965) Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: Jackson, M.L. (Ed.). *Soil chemical analysis*. Eglewood Chiffis, Pretince Hall, p.195-196.

Kang, B.T. (1997) Alley cropping- soil productivity and nutrient recycling. *Forest Ecology and Management*, v.91, p.75-82.

Magalhães, A.F.J.; Borges, A.L. (2000) Calagem e adubação. In: MATOS, A.P. (org). *Manga: produção – Aspectos técnicos*. Embrapa mandioca e fruticultura, p.35-44. (Comunicação para transferência de tecnologia).

- Magalhães, J.A. (2000) Avaliação de leguminosas arbóreas e arbustivas de múltiplo propósito em Rondônia. In: Congresso brasileiro de sistemas agroflorestais, 3., 2000, Manaus. *Anais...* Manaus: 1. p. 42-47
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. (1997) *Avaliação do estado nutricional de plantas, princípio e adaptações*. 2. ed. Piracicaba-SP: Potafó, 319p.
- Manica, I. (1994) *Fruticultura – Cultivo das anonáceas: ata, cherimólia e graviola*. Porto Alegre, Evangraf, 117p.
- Marin, A.M.P.; Menezes, R.S.C.; Silva, E.D.; Sampaio, E.V.S.B. (2006) Efeito da *gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no agreste paraibano. *Rev. Bras. Ci. solo*, 30:555-564.
- Marroquín, I.M.; Hernández, J.V.; Martínez, A.V.; Barra, J.E. (2005) Aboveground biomass production and nitrogen content in *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. under several pruning regimes. *Interciencia*, V.30, n.3, p.151-158.
- Moreti, D.; Alves, M.C.; Valério Filho, W.V.; Carvalho, M.P. (2007) Atributos químicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. *Rev. Bras. Ci. solo*, 31:167-175.
- Nascimento, J.T.; Silva, I.F.; Santiago, R.D.; Silva Neto, L.F. (2005) Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissole. *Rev. Bras. Ci. solo*, 29:825-831.
- Pinto, A.C.Q.; Silva, E.M.; Ramos, V.H.V.; Rodrigues, A.A. (2001) Tratos culturais. In: Oliveira, M.A.S (Ed) *Graviola: produção – Aspectos técnicos*. Embrapa Cerrados, p.26-33. (Embrapa informação tecnológica).
- Pires, A.A. (2007) *Adubação alternativa do maracujazeiro amarelo na Região Norte Fluminense*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 120p.
- Ramos, V.U.V; Pinto, A.C.Q.; Rodrigues, A.A. (2001) Exigência de clima e solo. In: Oliveira, M.A.S (Ed) *Graviola: produção – Aspectos técnicos*. Embrapa Cerrados, p.26-33. (Embrapa informação tecnológica).
- Young, A. (1991) *Agroforestry for soil conservation*. CAB International, Willingford, UK., 276p.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

A pesquisa teve como objetivo avaliar o potencial de uso, como adubo verde, três espécies leguminosas, a arbórea *Gliricidia sepium* e as subarborescentes anuais *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan*, estabelecidas dentro de um pomar orgânico de mangueira e gravioleira, em fase de formação, no município de Campos dos Goytacazes - RJ.

Foram avaliados os seguintes sistemas de plantio consorciado: mangueira + gravioleira + gliricídia; mangueira + gravioleira + crotalária; mangueira + gravioleira + feijão guandu; mangueira + gravioleira (referência).

Para o estabelecimento de cada um dos sistemas de cultivo propostos foi delimitada uma área de 4608 m² do pomar orgânico de mangueira e gravioleira, estabelecidas em linhas alternadas, no espaçamento 8 x 8 m.

As mudas de gliricídia foram produzidas a partir de estacas e plantadas em covas de 40x40x40 cm, distanciadas a 2 m das linhas das frutíferas e no espaçamento de 4 x 4 m entre plantas de gliricídia, constituindo um sistema de cultivo em aléias.

As sementeiras da crotalária e do feijão guandu foram realizadas a 1,5 m das linhas das frutíferas, em linhas espaçadas de 0,5 m entre si.

A área de cada sistema foi subdividida em nove unidades amostrais de 512 m², das quais foram selecionadas, ao acaso, seis unidades, consideradas como repetições experimentais. Nelas, foram realizadas as avaliações. Cada unidade amostral continha quatro mangueiras e quatro gravioleiras e as

leguminosas, exceto o sistema referência que só tinha as frutíferas. No sistema com gliricídia, em cada unidade amostral foram plantadas 32 mudas da espécie.

A primeira parte do trabalho consistiu na avaliação do potencial de fixação biológica de N₂ atmosférico (FBN) das três leguminosas, na quantificação de N total e de N derivado da FBN que foi adicionado ao pomar, e na transferência de N fixado biologicamente para as frutíferas. A segunda parte do trabalho consistiu na avaliação do desempenho da gliricídia, no sistema de aléias, quanto à sobrevivência, produção e qualidade de biomassa, adição de nutrientes ao sistema e quanto à dinâmica de decomposição dos resíduos de poda. A terceira parte do trabalho consistiu na avaliação da influência da gliricídia em aléias no crescimento e nutrição das frutíferas e em algumas propriedades físicas e químicas do solo cultivado com pomar, tendo o sistema referência para comparação.

Os resultados obtidos possibilitam as seguintes conclusões:

1. A gliricídia e a crotalária apresentaram grande potencial em suprir N em pomares de mangueira e gravioleira, no município de Campos dos Goytacazes, tendo a gliricídia apresentado o maior potencial de FBN;
2. A FBN pela gliricídia e pela crotalária, aliada à produção de biomassa adicionou ao solo uma quantidade de N superior à demandada pelas culturas da mangueira e da gravioleira;
3. As variações na abundância natural de ¹⁵N nas folhas das frutíferas indicaram que a adubação verde com gliricídia e crotalária foi importante para fornecer N às gravioleiras, transferindo para essa frutífera, em diferentes proporções, o N fixado biologicamente. Não foi detectada transferência para as mangueiras;
4. A adubação verde com gliricídia é mais vantajosa para a adubação nitrogenada do pomar em relação à com crotalária, devido à possibilidade do N ser fornecido ao sistema de forma parcelada, possibilitando melhor aproveitamento pelas frutíferas;
5. A gliricídia no sistema de aléias desenvolveu-se bem no pomar orgânico de mangueira e gravioleira, apresentando elevada sobrevivência (93%), boa produção de biomassa seca e adição de nutriente, com potencial de uso contínuo no sistema;
6. A quantidade de biomassa seca e de nutrientes adicionados ao sistema, em três podas anuais da gliricídia, foi maior no segundo ano de manejo das podas;

7. O K foi o nutriente de mais rápida liberação dos resíduos de poda e o Ca de mais lenta liberação;
8. O crescimento e desenvolvimento da gliricídia permitiram que o regime de poda se adequasse às épocas recomendadas para as adubações da gravioleira;
9. A quantidade de N adicionada ao pomar com as podas da gliricídia foi maior que a adubação recomendada pela mangueira e pela gravioleira;
10. A quantidade de P e K adicionada ao pomar não foi suficiente para suprir a adubação demandada pela mangueira e pela gravioleira;
11. A adubação verde com gliricídia, no manejo adotado, contribuiu de forma mais significativa na nutrição da gravioleira;
12. O cultivo em aléias de gliricídia no pomar foi favorável ao crescimento em altura e DAC da mangueira;
13. Não houve diferenças nas propriedades físicas do solo entre os sistemas;
14. A adubação verde com gliricídia tende a contribuir para elevar ou manter o carbono orgânico no solo, enquanto que no sistema de referência verificou-se ocorrência de degradação;
15. Em dois anos de manejo da gliricídia no pomar, verifica-se uma tendência de melhoria nas propriedades químicas do solo em função da adubação verde com gliricídia;
16. Os valores de P, nas profundidades 5-10 e 10-20 cm, e de K e Mg, na profundidade 0-5 cm do solo, tiveram incremento mais acentuado no sistema com gliricídia, em relação ao solo referência, resultando em teores mais elevados em função do consórcio;
17. Os teores foliares de nutrientes foram influenciados pelo crescimento das frutíferas e/ou deficiência hídrica do solo, ou ainda, pela competição com a gliricídia pelos nutrientes do solo, especialmente, a gravioleira;
18. Aos 18 meses após o início do manejo de adubação verde com gliricídia as folhas das mangueiras apresentaram baixos teores de Ca, no sistema consorciado, no sistema de referência foi médio. Aos 27 meses, apresentaram teores médios de N, no sistema consorciado e no de referência, baixo;
19. Aos 18 e aos 27 meses, após o início da adubação verde, nas gravioleiras, nos dois sistemas, foram observadas deficiências foliares de N e K.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrianual (2008) *Anuário da agricultura brasileira*. São Paulo: Instituto FNP, p.345.
- Altieri, M. (2002) *Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável*. Guaíba:Agropecuária, 592p.
- Alvarenga, R.C.; Costa, L.M.; Moura Filho, W.; Regazzi, A.J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.30, p.175-185, 1995.
- Alvarez V.V.H.; Novais, R.F.; Barros, N.F.; Cantarutti, R.B.; Lopes, A.S. (1999) Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V, V.H. (eds) *Recomendação para Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação*. CFSEMG, Viçosa-MG, p. 25-32.
- Alves, B.J.R.; Boddey; R.M.; Urquiaga, S. (2003) The success of BNF in soybean in Brazil. *Plant and Soil*, 252: 1-9, 2003.
- Alves, B.J.R.; Zotarelli, L.; Fernandes, F.M.; Heckler, J.C.; Macedo, R.A.T.; Boddey, M.R.; Jantalia, C.P.; Urquiaga, S. (2006) Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.41, n.3, p.449-456.
- Amabile, R.F.; Fancelli, A.L.; Carvalho, A.M. (2000) Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. *Pesq. Agrop. Bras*, v.35, n.1, p.47-54.
- Amado, T.J.C.; Mielniczuk, J.; Aita, C. (2002.) Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.26, p.241-248.
- Amado, T.J.C.; Mileniczuk, J.; Fernandes, S.B.V. (2000) Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.24, p.179-189.

- Anderson, J.D.; Ingram, J.S.I. (1996) *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2. ed. Wallingford: UK CAB International, 171p.
- Andrade, C.M.S.; Valentim, J.F.; Carneiro, J.C. (2002) Árvores de Baginha (*Stryphnodendron guianense* (Aubl.) Benth.) em ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, n.2, p.574-582.
- Andreola, F.; Costa, L.M.; Olszewski, N. Jucksch, I. (2000) A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.24, p.867-874.
- Anuário (2005) *Perfil sócio-econômico do município de Campos Goytacazes/RJ em 2005*, capítulo 11 - Agropecuária, p.154-164. Disponível em <http://www.campos.rj.gov.br/sitesp.php> (acesso em 01/02/2008).
- Baggio, A.J. (1984) Possibilidades de *Gliricidia sepium* (jacq.) Steud para uso em Sistemas Agroflorestais no Brasil. *Pesq. Agrop. Bras*, v.19, s/n, p.241-243.
- Balieiro, F.C.; Franco, A.A.; Pereira, M.G.; Campello, E.F.C.; Dias, L.E.; Faria, S.M.; Alves, B.J.R. (2004) Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.39, n.6, p. 597-601.
- Barreto, A.C.; Fernandes, M.F. (2001) Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.36, n.10, p.1287-1293.
- Barreto, A.C.; Fernandes, M.F.; Carvalho Filho, O.M. (2004) Cultivo de alamedas de gliricídia (*Gliricidia sepium*) em solos dos tabuleiros costeiros. *Circular Técnica*, n.36. Embrapa, Aracaju-SE. 4p.
- Barroso, D.G.; Queiroz, L.R.; Coelho, F.C. (2006) Biomassa e acúmulo de N, P, K por leguminosas perenes no sistema de aléias, em Campos dos Goytacazes-RJ. In.: VI Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campos do Goytacazes-RJ, UENF. *Anais*. (CD-ROM).
- Bayer, C.; Mielniczuk, J. (1999) Dinâmica e função da matéria orgânica. In: Santos, G.A., Camargo, F.A.O. (eds). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 1. ed. Porto Alegre: Genesis, 9-26.
- Bergo, C.L.; Pacheco, E.P.; Mendonça, H.A.; Marinho, J.T. de S. (2006) Avaliação de espécies leguminosas na formação de cafezais no segmento da agricultura familiar no acre. *Acta Amazônica*, v.36, n.1, 19-24.
- Boddey, R.M.; Peoples, M.B.; Palmer, B.; Dart, P.J. (2000) Use of the ¹⁵N natural abundance technique to quantify biological nitrogen fixation by woody perennials. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 57, 235–270.
- Boddey, M.R.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S. (2006a) Leguminous biological nitrogen fixation in sustainable tropical agroecosystems. In: Huphoff, N. et al. (eds). *Biological approaches to sustainable soil systems*. CRC Press – Taylor e Francis group, p.401-408.
- Boddey, M.R.; Alves, B.J.R.; Reis, V.M.; Urquiaga, S. (2006b) Biological nitrogen fixation in agroecosystems and in plant roots. In: Huphoff, N. et al. (eds). *Biological*

approaches to sustainable soil systems. CRC Press – Taylor e Francis group, p.177-189.

Bortolini, C.G.; Silva, P.R.; Argenta, G. (2000) Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.24, p.897-903.

Braga, J.M.; Defelipo, B.V. (1974) Determinação de espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *Revista Ceres*, v.21, n.113, p.73-85.

Bremner, J.M. (1965) Nitrogen availability index. In: Black, C.A.; Evans, D.D.; White, J.L.; Ensminger, L.E.; Clark, F.E. (eds). *Methods of soil analysis-part 2, chemical and microbiological properties*. American Society Agronomy, Inc, publisher, Madison, Wisconsin, USA, p.1324-1345.

Brito, D.R. (2001) Importância do sistema de aléias em cultivos dependentes de chuvas. *3^o Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido*, Petrolina, PE.

Broglio-Micheletti, S.M.F.; Berti-Filho, E. (2000) Parasitóides de *Cerconota anonella* (Sepp., 1830) (Lep.: Oecophoridae) em gravioleira (*Annona muricata* L.). *Sci. Agric.*, v.57, n.3, Piracicaba.

Calegari, A.; Mondardo, A.; Busilani, E.A.; Wildner, L.P.; Costa, M.B.B.; Alcântara, P.B.; Miyasaka, S.; Amado, T.J.C. (1993) *Adubação verde no Sul do Brasil*. Coordenação: COSTA, M.B.B. 2^a ed, Rio de Janeiro: AS-PTA, 346p.

Carvalho Filho, O.M.; Drumond, M.A.; Languidey, P.H. (1997) *Gliricidia sepium* – leguminosa promissora para regiões semi-áridas. Circular Técnica, n.35. Embrapa-CPATSA, Petrolina-PE. 17p.

Carvalho, M.M. (1998.) Recuperação de pastagens degradadas em áreas de revelo acidentado. In: Dias, L.E.; Griffith, J.J. (eds). *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa-MG: UFV, p.149-161.

Carvalho, J.E.B.; Lopes, L.C; Araújo, A.M.A.; Souza, L.S.; Caldas, R.C.; Daltro Junior, C.A.; Carvalho, L.L.; Oliveira, A.A.R.; SANTOS, R.C. (2004) Leguminosas e seus efeitos sobre propriedades físicas do solo e produtividade do mamoeiro 'Tainung 1'. *Rev. Bras. Frutic.*, v.26, n.2, p.335-338.

Castro, C.M.; Alves, B.J.R.; Almeida, D.L.; Ribeiro, R.L.D. (2004) Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.39, n.8, p.779-785.

Chikowo, R.; Mapfumo, P.; Leffelaar, P.A.; Giller, K.E. (2006) Integrating legumes to improve N cycling on smallholder farms in sub-humid Zimbabwe: resource quality, biophysical and environmental limitations. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 76:219-231.

Cochran, W. G. (1955) *Técnicas de amostragem*. Rio de Janeiro. Fundo de Cultura, 555p.

Coelho, C.H.M.; Medeiros, A.F.A.; Polidoro, J.C.; Xavier, R.P.; Resende, A.; Quesada, D.M.; Alves, B.J.R.; Boddey, M.R.; Urquiaga, S. (2003) Identificação de genótipos de cana-de-açúcar quanto ao potencial de contribuição da fixação biológica de nitrogênio. *Agronomia*, v.37, n.2, p.37-40.

- Coelho, R. A.; Silva, G.T.A.; Ricci, M.S.F.; Resende, A.S. (2006) Efeito de leguminosa arbórea na nutrição nitrogenada do cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre ex Froehn) consorciado com bananeira em sistema orgânico de produção. *Coffee Science*, v.1, n.1, p.21-27.
- Coelho, E.F.; Coelho filho, M.A.; Silva, A.J.P. (2007) Irrigação da mangueira nas condições semi-áridas do Nordeste. *Documentos*, n.166. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. 34p.
- Corrêa, F.L.O.; Ramos, J.D.; Gama-Rodrigues, A.C.; Muller, M.W. (2006) Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no Estado de Rondônia, Brasil. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, n.6, p.1099-1105.
- Correia, M.E.F.; Andrade, A.G. (1999) Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes In: Santos, G.A.; Camargo, F.A.O. (eds). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 1. ed. Porto Alegre: Genesis, 197-225.
- Costa, G.S.; Andrade, A.G.; Faria, S.M. (1997) Aporte de nutrientes pela serapilheira de *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá) com seis anos de idade. In.: III Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, Ouro Preto-MG, *Anais*, p 344-349.
- Costa, G.S.; Espindola, J.A.A.; Barroso, D.G.; Thomé, M.P.; Souza, C.L.M.; Paulino, G. M.; Ribeiro, G.; Barreto, A.J.R., Silva Jorge, M.E. (2004a) Manejo do solo para produção orgânica de gravioleira e mangueira no Norte Fluminense. In: XVIII Congresso Brasileiro de Fruticultura. Florianópolis-SC. *Anais*. (CD-ROM)
- Costa, G.S.; Espindola, J.A.A.; Barroso, D.B.; Gravina, G.A.; Machado Filho, O.C.; Barreto, A.J.R.; Lisboa, R.D.S.; Pessanha, F.M. (2004b) Desempenho de leguminosas arbóreas na formação de aléias em um sistema agroflorestal na região Norte Fluminense. Fertbio – Lages – SC. *Anais*. (CD-ROM)
- Costa, G.S. (2002) *Decomposição da serapilheira em florestas plantadas e fragmentos de Mata Atlântica na região norte fluminense*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 113p.
- Craswell, E.T.; Lefroy, R.D.B. (2001) The role and function of organic matter in tropical soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.61, p.7-18.
- Cunha; M.M.; Santos Filho, H.P.; Nascimento, A.S. (2000) *Manga- Fitossanidade*. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas-BA, Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 104p.
- Dakora, F.D; Keya, S.O. (1997) Nitrogen fixation in sustainable agriculture: The African experience. *Soil Biol. Biochem.*, v.29 (5/6), p.809-818.
- Dalcolmo, J.M.; Almeida, D.L.; Guerra, J.G.M. (1999) Avaliação de leguminosas perenes para cobertura de solo em pomar cítrico, no Município de Gerônimo Monteiro-ES. Embrapa-Agrobiologia *Comunicado Técnico*, n.36, 8p.
- Daudin, D.; Sierra, J. (2008) Spatial and temporal variation of below-ground N transfer from a leguminous tree to an associated grass in an agroforestry system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 126:275–280.

- Dias, P.F.; Souto, S.M.; Resende, A.S.; Urquiaga, S.; Rocha, G.P.; Moreira, J.F.; Franco, A.A. (2007) Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim *Survenola* crescido em consórcio. *Ciência Rural*, v.37, n.2, p.352-356.
- Diniz, E.R.; Santos, R.H.S.; Urquiaga, S.; Peternelli, L.A.; Barrella, T.P.; Freitas, G.B. (2007) Green manure incorporation timing for organically broccoli. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.42,n.2,p.199-206.
- Döbereiner, J. (1997) Biological nitrogen fixation in the tropics: Social and economic contributions. *Soil Biol. Biochem.*, v.29, n.5/6, p.771-774.
- Embrapa (1997) *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: CNPS, 212p.
- Embrapa (1999) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Brasília-DF, 370p.
- Espindola, J.A.A. (2001) *Avaliação de leguminosas herbáceas perenes usadas como cobertura viva do solo e sua influência sobre a produção da bananeira (Musa spp.)*. Tese (Doutorado) - Seropédica-RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ, 144p.
- Espindola, J.A.A.; Almeida, D.L. de; Guerra, J.G.M. (2004) Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica. *Documentos*, n.174, Embrapa-Agrobiologia, 14p.
- Espindola, J.A.A.; Guerra, J.G.M.; Perin, A.; Teixeira, M.G.; Almeida, D.L.; Urquiaga, S.; Busquet, R.N.B.B. (2006a) Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.41, n.3, p.415-420.
- Espindola, J.A.A.; Guerra, J.G.M.; Almeida, D.L.; Teixeira, M.G.; Urquiaga, S. (2006b) Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 30:321-328.
- Faria, C. M. B.; Soares, J. M.; Leão, P.C.S. (2004) Adubação verde com leguminosas em videira no Submédio São Francisco. *Rev. Brasileira de Ciência Solo*, v.28, p.641-648.
- Faria, C.M.B. (2004) Comportamento de leguminosas para adubação verde no Submédio São Francisco. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, n.63, Petrolina, PE : Embrapa Semi-Árido, 22 p.
- Faria, C.M.B.; Costa, N.D.; Faria, A.F. (2007) Atributos químicos de um argissolo e rendimento de melão mediante o uso de adubos verdes, calagem e adubação. *Rev. Brasileira de Ciência do solo*, 31:299-307.
- Fernades, F.M.; Nascimento, V.M. (2004) Fertilidade do solo e nutrição da mangueira. In: Rozane, D.E. et al. (Eds). *Manga-produção integrada, industrialização e comercialização*. Viçosa-MG, UFV, p.179-198.
- Ferreira, V.R.; Souza, P.M.; Ponciano, N.J.; Carvalho, A.J.C. (2003) A fruticultura como alternativa para a produção familiar no âmbito prona nos municípios de Campos dos Goytacazes e São Francisco do Itabapoana – RJ. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v.25, n.3, p.436-439.

- Fonseca, N. (2002) *Paclobutrazol e estresse hídrico no florescimento e produção da mangueira (Mangifera indica L.) 'Tommy Atkins'*. Tese (Doutorado) - Lavras-MG, Universidade Federal de Lavras-UFLA, 134p.
- Franco, A.A. (1996) Fixação biológica do nitrogênio na agricultura tropical. In: Alvarez, V.C.; Fontes, L.E.; Fontes, M.P. (Eds). *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa-MG: SBCS, UFV, DPS, p.505-523.
- Franco, A.A. Uso de *Gliricidia sepium* como mourão vivo (1988). Seropédica-RJ, Embrapa/UAPNPBS, *Comunicado Técnico*, n.3, 5p.
- Franco, A.A.; Döbereiner, J. A. (1994) Biologia do solo e a sustentabilidade dos solos tropicais. *Summa Phytopathologica*, v.20, n.1, p.68-74.
- Franco, A.A.; Faria, S.M. (1997) The contribution of N₂-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. *Soil Biol Biochem.*, v.29, p.897-903.
- Freire, J.R.J. (1992) Fixação do nitrogênio pela simbiose rizobio/ leguminosas. In.: Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M.; Neves, M.C.P. (Eds). *Microbiologia do solo*. Campina-SP, SBCS, p.121-140.
- Garrity, D.R.; Mercado Jr., A. R. (1994) Nitrogen fixation capacity in the component species of contour hedgerows: how important? *Agroforestry Systems*, 27: 241-258.
- Gibson, A.H.; Dreyfus, B.L.; Dommergues, Y.R. (1982) Nitrogen fixation by legumes in the tropics. In: Dommergues, Y.R.; Diem, H.G. (Eds). *Developments in plant on soil sciences-V.5: microbiology of tropical soil and plant productivity*. Martinus Nijhoff/ Dr W. Junk publisher, the Hague/ Boston/ London, p.37-71.
- Godoy, R.; Batista, L. A. R; Negreiros, G.F.; Carvalho, J.R.P. (1997) Avaliação agrônômica e seleção de germoplasma de guandu forrageiro (*Cajanus cajan* L.) proveniente da Índia. *Rev. Bras. Zootec.*, v.26, n.3, p.447-453.
- Gomes, T.C.A.; Silva, M.S.L.; Silva, J.A.M.; Carvalho, N.C.S.; Soares, E.M.B. (2005) Padrão de Decomposição e Liberação de Nutrientes de Adubos Verdes em Cultivos de Uva e Manga do Submédio São Francisco. Embrapa Semi-Árido, *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, n.71, 24p.
- Hardarson, G.; Danso, S.K.A. (1990) Use of ¹⁵N methodology to assess biological nitrogen fixation. In: Hardarson, G. (Ed.). *Use of nuclear techniques in studies of soil-plant relationships*. Vienna: International Atomic Energy Agency, p.129-160.
- Henriksen I.; Michelsen A.; Schlönvoigt A. (2002) Tree species selection and soil tillage in alley cropping systems with *Phaseolus vulgaris* L. in a humid premontane climate: biomass production, nutrient cycling and crop responses. *Plant and Soil*, 240: 145-159.
- Högberg, P. (1997) Tansley Review No. 95 ¹⁵N natural abundance in soil-plant systems. *New Phytol.*, 137, 179-203.
- Jackson, M.L. (1965) Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: Jackson, M.L. (Ed.). *Soil chemical analysis*. Eglewood Chiffis, Pretince Hall, p.195-196.

- Kang, B.T. (1997) Alley cropping- soil productivity and nutrient recycling. *Forest Ecology and Management*, v.91, p.75-82.
- Kass, D.C.L.; Sylvester-Bradley, R.; Nygren, P. (1997) The role of nitrogen fixation and nutrient supply in some agroforestry systems of the Americas. *Soil Biol. Biochem.*, v.29, n.5/6, p.715-185.
- Kiill, L.H.P.; Drumond, M.A. (2001) Biologia floral e sistema reprodutivo de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (Fabaceae-Papilionoidae) na região de Petrolina - Pernambuco. *Ciência Rural*, v.31, n.4.
- Kitamura, M.C. (2002) *Propagação precose da gravioleira (Annona muricata L.) por enxertia*. Tese (Doutorado) - Lavras-MG, Universidade Federal de Lavras-UFLA, 79p.
- Lal, R. (1997) Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂- enrichment. *Soil e Tillage Research*, v.43, p.81-107, 1997.
- Lal, R. (2004) Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, v.123, p.1-22.
- Lamônica, K.R. *Benefícios da crotalária na nutrição e crescimento de mangueira, gravioleira e neem e nas alterações de características do solo em sistemas agroflorestais*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF.
- Liyanage, M.S.; Danso, S.K.A.; Jayasundara, H.P.S. (1994) Biological nitrogen fixation in four *Gliricidia sepium* genotypes. *Plant and Soil*, v.161, n.2, p.267-274.
- Macedo, L.R.G.; Venturin, N.; Tsukamoto Filho, A.A. (2000) Princípio de agrossilvicultura como subsídio do manejo sustentável. Agropecuária e ambiente, EPAMIG, *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte-MG, v.21, n.202, p.93-98.
- Mafongoya, P. L.; Giller, K.E.; Palm, C.A. (1998a) Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter. *Agroforestry Systems*, v.38, p.77-97.
- Mafongoya, P. L.; Nair, P.K.R.; Dzwela, B.H. (1998b) Mineralization of nitrogen from decomposing leaves of multipurpose trees as affected by their chemical composition. *Biol. Fertil Soils*, v.27, p.143-148.
- Mafra, A.L.; Wolinsk Miklós, A.A.; Harkaly, A. H.; Mendoza, E. (1998) Adição de nutrientes ao solo em sistemas agroflorestais do tipo “cultivo em aléias” e em cerrado na região de Botucatu, SP. *Scientia Forestalis*, n.54, p.41-54.
- Magalhães, A.F.J.; Borges, A.L. (2000) Calagem e adubação. In: MATOS, A.P. (org). *Manga: produção – Aspectos técnicos*. Embrapa mandioca e fruticultura, p.35-44. (Comunicação para transferência de tecnologia).
- Magalhães, J.A. (2000) Avaliação de leguminosas arbóreas e arbustivas de múltiplo propósito em Rondônia. In: Congresso brasileiro de sistemas agroflorestais, 3., 2000, Manaus. *Anais...* Manaus: 1. p. 42-47
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. (1997) *Avaliação do estado nutricional de plantas, princípio e adaptações*. 2. ed. Piracicaba-SP: Potafó, 319p.
- Manica, I. (1994) *Fruticultura – Cultivo das anonáceas: ata, cherimólia e graviola*. Porto Alegre, Evangraf, 117p.

- Marin, A.M.P.; Menezes, R.S.C.; Silva, E.D.; Sampaio, E.V.S.B. (2006) Efeito da *gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no agreste paraibano. *Rev. Bras. Ci. solo*, 30:555-564.
- Mariotti, A.; Mariotti, F.; Champigny, M.L.; Amarger, N.; Moyse, A. (1982) Nitrogen isotop fractionation associated with nitrate reductase activity and uptake of NO₃ by pearl millet. *Plant Physiol.*, v.69, p.880-884.
- Marroquín, I.M.; Hernández, J.V.; Martínez, A.V.; Barra, J.E. (2005) Aboveground biomass production and nitrogen content in *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. under several pruning regimes. *Interciencia*, V.30, n.3, p.151-158.
- Miranda, C.H.B.; Vieira, A.; Cadisch, G. (2003) Determinação da fixação biológica de nitrogênio no amendoim forrageiro (*Arachis spp*) por intermédio da abundância natural de ¹⁵N. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, n.6, suppl.2.
- Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O. (2002) *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras-MG: UFLA, 626p.
- Moreira, V.F.; Pereira, A.J.; Guerra, J.G.M.; Guedes, R.E.; Costa, J.R. (2003) Produção de biomassa de guandu em função de diferentes densidades e espaçamentos entre sulcos de plantio. Seropédica-RJ, Embrapa-Agrobiologia, *Comunicado Técnico*, n.57, 5p.
- Moreti, D.; Alves, M.C.; Valério Filho, W.V.; Carvalho, M.P. (2007) Atributos químicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. *Rev. Bras. Ci. solo*, 31:167-175.
- Myers, R.J.K.; Palm, C.A.; Cuevas, E.; Gunatilleke, I.U.N.; Brossard, M. (1994) The synchronization of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: Woome, P.L.; Swift, M.J. (eds). *The biological management of tropical soil fertility*. Chichester: John Wiley e Sons, p.81-116.
- Nascimento, J.T.; Silva, I.F.; Santiago, R.D.; Silva Neto, L.F. (2005) Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissole. *Rev. Bras. Ci. solo*, 29:825-831.
- Ngulub, M. (1994) Evaluation of *Gliricidia sepium* provenances for alley cropping in Malawi. *Forestry Ecology and Management*, v.64 (2-3), p.191-198.
- Nóbrega, P.O.; Silva, G.T.A.; Campello, E.F.C.; Espindola, J.A.A.; Resende, A.S. (2004a) Decomposição e liberação de nitrogênio em resíduos de *Gliricidia sepium* utilizada na adubação verde. Fertbio-Lages-SC. *Anais*. (CD-ROM)
- Nóbrega, P.O.; Silva, G.T.A.; Soares, P.G.; Campello, E.F.C., Resende, A.S. (2004b) Decomposição de fitomassa e liberação de nitrogênio em resíduos das espécies *Racosperma mangium* E *Melia azedarach* para fins de adubação verde em sistemas agroflorestais. *Rev. Univ. Rural, Ser. Ci. Vida*. Seropédica, RJ, EDUR, v.24, n.1, p.13-18.
- Okito, A.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S.; Boddey, R.M. (2004) Isotopic fractionation during N₂ fixation by four tropical legumes. *Soil Biol. Biochem.*, 36, 1179-1190.
- Oliveira, F.L.; Guerra, J.G.M.; Junqueira, R.M.; Silva, E.E.; Oliveira, F.F.; Espindola J.A.A.; Almeida, D.L.; Ribeiro, R.L.D.; Urquiaga, S. (2006) Crescimento e produtividade do inhame cultivado entre faixas de guandu em sistema orgânico. *Hortic. Brasileira*, v.24, n.1, p.53-58.

- Olson, J.S. (1963) Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, v.44, n.2, p.322-331.
- Ovalle, C.; Urquiaga, S.; Del Pozo, A.; Zagal, E.; Arredondo, S. (2006) Nitrogen fixation in six forage legumes in Mediterranean central Chile. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-soil and Plant Science*, 56:277-283.
- Padovan, M.P.; Almeida, D.L.; Guerra, J.G.M.; Ribeiro, R.L.D.; Oliveira, F.L.; Santos, L.A.; Alves, B.J.R.; Souto, S.M. (2006) Decomposição e liberação de nutrientes de soja cortada em diferentes estádios de desenvolvimento. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.41, n.4, p.667-672.
- Palm, C.A.; Giller, K.E.; Mafongoya, P.L.; Swift, M.J. (2001) Management of organic matter in the tropics: translating theory into practice. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 61: 63-75.
- Palm, C.A.; Sanchez, P.A. (1991) Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biol. Biochem.*, 23:83-88.
- Paulino, G.M. (2003) *Cobertura florestal e qualidade de solo em terras degradadas no norte fluminense*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 67f.
- Peoples, M.B.; Craswell, E.T. (1992) Biological nitrogen fixation: Investments, expectations and actual contributions to agriculture. *Plant and Soil*, v.141, p.13-39.
- Peoples, M.B.; Palmer, B.; Lilley, D.M.; Duc, L.M.; Herridge, D.F. (1996) Application of ¹⁵N and xylem ureide methods for assessing N₂ fixation of three shrub legumes periodically pruned for forage. *Plant and Soil* 182: 125-137.
- Pereira, A.J.; Guerra, J.G.M.; Moreira, V.F.; Teixeira, M.G.; Urquiaga, S.; Polidoro, J.C.; Espindola, J.A.A. (2005) Desempenho agrônômico de *Crotalaria juncea* em diferentes arranjos populacionais e épocas do Ano. Seropédica-RJ, Embrapa-Agrobiologia, *Comunicado Técnico*, n.82, 4p.
- Peréz, A.M.M.; Menezes, R.S.C. (2004) Adubação orgânica e produtividade de biomassa em um sistema agroflorestal com gliricídia e milho no agreste da Paraíba. FERTBIO. Fertbio – Lages – SC. *Anais*. (CD-ROM).
- Perin, A.; Guerra, J.G.M.; Teixeira, M.G. (2003) Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.38, n.7, p.791-796.
- Perin, A.; Lima, E.A.; Espindola, J.A.A.; Guerra, J.G.M.; Teixeira, M.G.; Busquet, R.N.B. (2002) Contribuição da cobertura viva de solo leguminosas herbáceas perenes no 2º ciclo de produção de bananeiras cultivar Nanicão. Seropédica-RJ, Embrapa-agrobiologia, *Comunicado Técnico*, n.53, 6p.
- Perin, A.; Santos, R.H.S.; Urquiaga, S.; Guerra, J.G.M.; Cecon, P.R. (2004a) Produção de biomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.39, n.1.
- Perin, A.; Santos, R.H.S.; Urquiaga, S.; Guerra, J.G.M.; Cecon, P.R. (2004b) Efeito residual da adubação verde no rendimento do brócolo (*Brassica oleraceae*

L. var. *Itálica*) cultivado em sucessão ao milho (*Zea Mays* L.). *Ciência Rural*, v.34, n.6, p.1739-1745.

Pinto, A.C.Q.; Silva, E.M.; Ramos, V.H.V.; Rodrigues, A.A. (2001) Tratos culturais. In: Oliveira, M.A.S (Ed) *Graviola: produção – Aspectos técnicos*. Embrapa Cerrados, p.26-33. (Embrapa informação tecnológica).

Pires, A.A. (2007) *Adubação alternativa do maracujazeiro amarelo na Região Norte Fluminense*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 120p.

Potafos (1996) Nutri-fatos: Informação agrônômica sobre nutrientes para as culturas. *Arquivo do Agrônomo*, n.10, 24p. (Trad. e adaptação do original "It's the Truth – Nitrogen Is Required by Plants", PPI, Norcross, EUA, por Malavolta, E.).

Queiroz, L.R. (2006) *Leguminosas como fonte de nitrogênio para a cultura do milho*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 72f.

Queiroz, L.R.; Coelho, F.C.; Barroso, D.G.; Queiroz, V.A.V. (2007) Avaliação da produtividade de biomassa e acúmulo de N, P, K em leguminosas arbóreas no sistema de aléias, em Campos dos Goytacazes-RJ. *Revista Árvore*, v.31, n.3, p.38-390.

Radersma, S.; Grierson, P.F. (2004) Phosphorus mobilization in agroforestry: organic anions, phosphatase activity and phosphorus fractions in the rhizosphere. *Plant and Soil*, v.259, n.1-2, p.209-219.

Ragozo, C.R.A.; Leonel, S.; Crocci, A.J. (2006) Adubação verde em pomar cítrico. *Rev. Bras. Frutic.*, v.28, n.1, p.69-72.

Ramos, V.U.V; Pinto, A.C.Q.; Rodrigues, A.A. (2001) Exigência de clima e solo. In: Oliveira, M.A.S (Ed) *Graviola: produção – Aspectos técnicos*. Embrapa Cerrados, p.26-33. (Embrapa informação tecnológica).

Resende, A. S. (2000) *A fixação biológica de nitrogênio (FBN) como suporte da fertilidade nitrogenada dos solos e da produtividade da cultura de cana-de-açúcar: uso de adubos verdes*. Dissertação (Mestrado) – Seropédica – RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 120 p.

Resende, A.S.; Alves, B.J.R.; Boddey, M.R.; Urquiaga, S. (2003b) Técnicas utilizadas na quantificação da fixação biológica de nitrogênio. *Documentos*, n.165, Embrapa-Agrobiologia, 26p.

Resende, A.S.; Xavier, R.P.; Quesada, D.M.; Urquiaga, S.; Alves, B.J.R., Boddey, M.R. (2003a) Use of green manures in increasing inputs of biologically fixed nitrogen to sugar cane. *Biol. Fertil. Soils*, 37:215-220.

Ribeiro, T.S. (2008) *Influência da adubação verde sobre o crescimento e nutrição de gravioleira e mangueira e sobre a atividade microbiana do solo*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 60p.

Ricci, M.S.F.; Alves, B.J.R.; Miranda, S.C.; Oliveira, F.F. (2005) Growth rate and nutritional status of an organic coffee cropping system. *Scientia Agricola*, v.62, n.2, p.138-144.

Rodrigues, E.R.; Cullen Jr., L.; Beltrame, T.P.; Moscolliato, A.V.; Silva, I.C. (2007) Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. *Rev. Árvore*, v.31, n.5, p.941-948.

Rowland, A.P.; Roberts, J.D. (1994) Lignin and cellulose fractionation in decomposition studies using acid detergent fibre methods. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25:269-277.

Sanginga, N. (2003) Role of biological nitrogen fixation in legume based cropping systems; a case study of West Africa farming systems. *Plant and Soil*, 252: 25–39.

Sanginga, S.; Danso, S.K.A.; Zapata, F.; Bowen, D.G. (1994) Influence of pruning management on P and N distribution and use efficiency by N₂ fixing and non-N₂ fixing trees used in alley cropping systems. *Plant and Soil*, v.167, n.2. p.219-226.

Santos, C.A.F.; Meneses, E.A.; Araújo, F.P. (1994) Divergência genética em acessos de guandu. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 29, n.11, p.1723-1726.

São José, A.R. (2003) *Cultivo e mercado da graviola*. Fortaleza: Instituto Frutal. 36 p.

Seiffert, N.E.; Thiago, L.R.L.de S. (1983) Guandu: planta forrageira para produção de proteína. Campo Grande: Embrapa-CNPGC, *Comunicado Técnico*, n.21, 4p.

Shearer, G.; Kohl, D.H. (1986) N₂-fixation in field settings: estimations based on natural ¹⁵N abundance. *Australian Journal of Plant Physiology*, v.13, p.699-756.

Shearer, G.; Kohl, D.H. (1988) Natural ¹⁵N-abundance as a method of estimating the contribution of biologically fixed nitrogen to N₂-fixing systems: potential for non-legumes. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.110, p.317-327.

Silva, G.T.A.; Matos, L.V.; Nóbrega, P. de O.; Campello, E.F.C.; Resende, A.S.A. (2006b) Correlação entre a composição química e a velocidade de decomposição e liberação de nitrogênio de folhas de dez espécies em um sistema agroflorestal. In: VI Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campos do Goytacazes-RJ, UENF. *Anais*. (CD-ROM)

Silva, G.T.A.; Resende, A.S.; Campello, E.F.C.; Franco, A.A. (2006a) Importância da fixação biológica de nitrogênio na sustentabilidade de sistemas agroflorestais. *VI Cong. bras. sistemas afroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável*. Campos do Goytacazes-RJ, UENF, p.257-273.

Silva, I.C. (2007) Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. *Rev. Árvore*, v.31, n.5, p.941-948.

Silva, P.C.G.; Correia, R.C. Cultivo da mangueira: socioeconomia. Embrapa Semi-Árido - Sistemas de produção, 2, Julho/2004 (Disponível em http://www.cpatsa.embrapa.br/sistema_producao/spmanga/index.htm - Acesso em 08/09/2008)

Silva, S.P. (1996) *Frutas no Brasil*. São Paulo-SP: Empresas das Artes, 230p.

Sodré Filho, J.; Cardoso, A.N.; Carmona, R.; Carvalho, A.M. (2004) Biomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. *Pesq. Agropec. bras.*, v.39, n.4, p.327-334.

Swift, M.J.; Anderson, J.M. (1989) Decomposition. In: Lieth, H., Weger, M.J.A. *Ecosystems of the world, 14b. Tropical rain forest ecosystems*. Elsevier, p. 547-569.

Swift, M.J.; Woome, P. (1993) Organic matter and the sustainability of agricultural systems: Definition and measurement. In: Mulongoy, K., Merckx, R. (eds). *Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture*. IITA/K.U. Leuven, p.3-18.

Taiz, L.; Zeiger, E. (2004) *Fisiologia vegetal*. Trad. Santarém, E.R. et al., 3. ed. Porto Alegre:artmed, 719p.

Tian, G.; Brussaard, L.; Kang, B.T. (1995) An index for assessing the quality of plant residues and evaluating their effects on soil and crop in the (sub-) humid tropics. *Applied Soil Ecology*, 2:25-32.

Tian, G.; Kang, B.T.; Brussaard, L. (1992a) Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions - decomposition and nutrient release. *Soil Biol. Biochem.*, 24:1051-1060.

Tian, G.; Kang, B.T.; Brussaard, L. (1992b) Effects of Chemical Composition on N, Ca, and Mg Release during Incubation of Leaves from Selected Agroforestry and Fallow Plant Species. *Biogeochemistry*, v.16, n.2, p.103-119.

Urquiaga, S.; Jantalia, C.P.; Alves, B.J.R.; Boddey, M.R. (2004) Importância de la FBN en el secuestro de carbono em el suelo Y en la sustentabilidad agrícola. In: Asconegui, M.A.M.; Garcia de Salamone, I.E.; Miyazaki, S.S. (Eds). *Biología del suelo: Transformaciones de la material orgânica, usos y biodiversidad de los organismos edáficos*. Buenos Aires: Editorial Facultad Agronomía, p. 1-11.

Urquiaga, S.; Zapata, F. (2000a) Eficiencia de la fertilización nitrogenada y su relación com la produtividade agrícola sostenible. In: Urquiaga, S.; Zapata, F. *Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe*. Porto Alegre-Rio Grande do Sul-Brasil: Ed. Gênese, p.19-23.

Urquiaga, S.; Zapata, F. (2000b) Fuentes alternativas para la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. In: Urquiaga, S.; Zapata, F. (Eds). *Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe*. Porto Alegre-Rio Grande do Sul-Brasil: Ed. Gênese, p.57-76.

Van Soest, P.J.; Wine, R.H. (1968) determination of lignin and cellulose in acid-detergent fibre with permanganate. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.*, 51:780-785.

Young, A. (1991) *Agroforestry for soil conservation*. CAB International, Willingford, UK., 276p.